

JAP20 Rec'd PCT/PTO 21 MAR 2006
明 細 書

自走式作業ロボット

技術分野

[0001] 本発明は、壁際の床面等に対する作業に適した作業ロボットに関する。

背景技術

[0002] 従来より、壁際の床面の清掃等の作業を行う自走式の作業ロボットは公知である。

[0003] この種の作業ロボットは、本体から障害物までの距離を測定する複数の距離センサ備えている。前記ロボットは、距離センサによって測定された距離が所定の閾値よりも小さい場合には、所定の回避動作を行い、壁に衝突しないように制御される。前記閾値は、本ロボットが壁際から離れすぎないように、所定の一定の値に設定されている。

[0004] しかし、前記閾値が十分に大きくないと、本体と障害物との傾斜角が大きい場合には、ロボットの中央部先頭が障害物に接近していないにも拘わらず、ロボットの前端の側部が障害物に接近する。そのため、検出が遅れて、ロボットが障害物に衝突するおそれがある。

[0005] したがって、本発明の主目的は、種々の障害物を精度良く検出することのできる自走式作業ロボットを提供することである。

[0006] また、従来、この種の作業ロボットは、作業対象となる領域の周囲の壁の隅部、特に、その角度が直角でない隅部に対して作業を行うことが難しく、作業残りが発生するという問題があった。

例えば、特開平9-269810号に開示された清掃ロボットでは、直角な隅部を概ね清掃することは可能であるが、直角でない隅部の場合には作業残りが生じるおそれがある。前記清掃ロボットは、予め記憶された動作シーケンスに従って、その動作が制御されるが、隅部が直角でない場合に隅々まで残らず清掃する場合の動作についての説明が無く、開示されている制御方法のみでは、ゴミが最も溜まりやすい隅部に清掃残りが生じてしまう。

一方、特開平9-114523号に開示された自律走行車両は、車両の側面に対向す

る壁に平行に走行することが可能であるが、隅部に対して作業を行うことはできず、前記清掃ロボットと同様に、ゴミが最も溜まりやすい隅部に清掃残りが生じてしまう。

[0007] したがって、本発明の別の目的は、作業対象となる領域の床面に対して隅々まで残らず作業することができる自走式作業ロボットを提供することである。

[0008] 従来より、接触センサを設け、障害物の接触を検出する自走式の作業ロボットが提案されている。(たとえば、特許第3201208号(図2)、特開昭60-206759号(図1)、実開昭56-164602号(図5))。

[0009] しかし、この種の従来の自走式作業ロボットは、障害物に接触した場合の回避動作において、適切、かつ、迅速に対応することができなかった。そのため、走行速度が著しく遅かったり、壁際から離れすぎてしまうなどの欠点があった。

[0010] したがって、本発明の更に別の目的は、いずれの方向から障害物に接触した場合にも適切、かつ、迅速に対応可能な自走式作業ロボットを提供することである。

[0011] 前記主目的を達成するために、本発明の第1の態様は、前方の障害物までの距離を測定

する第1距離センサと、斜め前方の障害物までの距離を測定する第2距離センサとを備えた自走式の作業ロボットにおいて、前記第1距離センサにより測定した障害物までの第1測定距離と、所定の第1閾値SHcとを比較して障害物の接近を判別する第1判別手段と、前記第2距離センサにより測定した障害物までの第2測定距離と、所定の第2閾値SHrとを比較して障害物の接近を判別する第2判別手段と、前記第1および第2測定距離から得られる前記障害物の傾斜角に関する情報に基づいて、前記第1閾値もしくは第2閾値SHc, SHrを変更する変更手段とを備えている。

[0012] 本発明によれば、第1および第2判別手段により、障害物の検出を行うと共に、前記障害物の傾斜角に関する情報に基づいて、前記第1閾値もしくは前記第2閾値SHc, SHrを変更することにより、傾斜角の大きな障害物であっても、精度良く検出することができる。

[0013] 本発明において、前記傾斜角に関する情報は、前記第1および第2距離センサの配置と、前記第1および第2距離センサの光の放射方向と、前記第1および第2測定距離とに基づいて得ることができる。

[0014] ここで、「前方」とは、作業ロボットの進行方向を基準にして定義付けられる。

また、「第1および第2測定距離から得られる前記障害物の傾斜角」としては、たとえば、図5に示すように、障害物Wの表面に直交する法線Lと、本ロボットの進行方向Fとがなす角度 β のことをいう。

[0015] 本発明の好ましい実施例では、前記傾斜角の大小にかかわらず前記第1判別手段による前記障害物が接近したか否かの判別結果と、前記第2判別手段による前記障害物が接近したか否かの判別結果とを得て、前記2つの判別結果のうち、いずれか一方が接近したと判別した時に、前記ロボットが前記障害物に接近したと断定する。

第1距離の方が第2距離よりも小さい場合は、つまり、傾斜角が小さい場合は、ロボットが障害物に接近したと判別するのは、第2判別手段ではなく、第1判別手段である。一方、第1距離の方が第2距離よりも大きい場合は、つまり、傾斜角が大きい場合は、ロボットが障害物に接近したと判別するのは、第1判別手段ではなく、第2判別手段である。したがって、傾斜角の角度に拘わらず、接近を判別し断定することができる。

しかし、本発明においては、前記傾斜角が所定値よりも小さい場合には、前記第1判別手段による判別結果に基づいて、前記障害物が接近したか否かを判別し、一方、前記傾斜角が所定値よりも大きい場合には、前記第2判別手段による判別結果に基づいて前記障害物が接近したか否かを判別してもよい。

このように、障害物の傾斜角に基づいて、前方の第1判別手段による判別結果と、斜め前方の第2判別手段による判別結果とを使い分けることで、障害物の傾斜角に拘わらず障害物の検出を行うことができる。

[0016] 本発明において、当該傾斜角が大きくなる程、前記第1閾値もしくは第2閾値SHc, SHrが大きくなるように前記第1閾値もしくは前記第2閾値SHc, SHrを前記変更手段が設定する。このように、第1閾値もしくは第2閾値SHc, SHrを大きくすることにより、ロボットの前端の側部が障害物に接触する前に、該障害物を検出することができる。

[0017] 本発明において、前記第1および第2距離センサが互いに近接して配置されているのが好ましい。この場合、前記第1距離と第2距離とを比較し、その比較の結果、前記第1距離が第2距離よりも小さい場合には、前記第1判別手段による判別結果に基づ

いて、前記障害物が接近したか否かを判別し、一方、前記比較の結果、前記第1距離が第2距離よりも大きい場合には、前記第2判別手段(又は、前記第1判別手段)による判別結果に基づ

いて前記障害物が接近したか否かを判別することができる。このように、両距離センサが接近して配置され、第1距離が第2距離よりも小さい場合などには、前記第1閾値SH_eと第2閾値SH_rとが同じ値に設定されてもよい。

このように、第1距離と第2距離とを比較することにより、本体と障害物との傾斜角に応じて、第1判別結果と第2判別結果とを使い分けることで、障害物の傾斜角に拘わらず障害物の検出を行うことができる。

- [0018] 本発明において、前記第1および第2距離センサは光学式の距離センサからなり、前記第1距離センサはロボットの左右の中央の先頭部分に設けられ、前記第2距離センサは第1距離センサの両側に近接して一対設けられ、前記光学式の第1および第2距離センサの他に、ロボットの前端の両側部に前方の障害物までの距離を測定する超音波式の距離センサが設けられているのが好ましい。

このように、超音波式の距離センサと光学式の距離センサを併用することにより、より一層、正確に障害物の検出を行うことができる。

- [0019] なお、「光学式の距離センサ」としては、たとえば、光を照射し、障害物によって拡散反射された光線の一部を受光レンズを通して把えることにより、障害物との間の距離を三角測距法により測定する市販の光学式距離センサを用いることができる。

「超音波式の距離センサ」としては、たとえば、超音波を発射し、その音波が障害物から反射波として戻ってくるまでの時間を計測することで対象物までの距離を測定する市販の超音波式距離センサを用いることができる。

- [0020] 本発明において、前記第1および第2距離センサは光学式の距離センサからなり、前記第1距離センサはロボットの左右の中央の先頭部分に設けられ、前記第2距離センサは第1距離センサの両側に近接して一対設けられ、前記ロボットの先頭部分には保護カバーが設けられ、該保護カバーは前記3つのセンサが近接対向する3つの側面および天井面を持つ凹部を有し、前記天井面に対向する内側の位置に前方の斜め下方までの距離を測定する第3の距離センサが配置されているのが好ましい。

このように、前方の斜め下方を検出する第3の距離センサを設けることにより、前方の床面の凹凸を検出することができる。また、保護カバーの凹部に距離センサを設けたので、凹部表面が傷付くのを防止することができる。

[0021] 本発明の第2の態様にかかるロボットは、床面を自走するための車輪を有する走行アセンブリと、前記走行アセンブリに対し左右に移動可能に取り付けられ、前記床に対する作業を行う作業アセンブリと、前記走行アセンブリと前記作業アセンブリとの位置関係を変更すべく、前記作業アセンブリを前記走行アセンブリに対して移動させる移動機構と、前記作業アセンブリに設けられ、前記作業アセンブリの前面に障害物が接触したのを検知する第1の接触センサと、前記作業アセンブリに設けられ、前記作業アセンブリの側面に障害物が接触したのを検知する第2の接触センサと、前記走行アセンブリの走行を制御すると共に、前記第1の接触センサの検知信号に基づいて、第1の退避速度で前記作業アセンブリを左右に移動させるよう前記移動機構を制御し、前記第2の接触センサの検知信号に基づいて第1の退避速度よりも低速の第2の退避速度で前記作業アセンブリを左右に移動させるよう前記移動機構を制御する制御手段とを備えている。

[0022] ロボットの前進中に、前方の障害物が作業アセンブリの前面に接触すると、第1の接触センサがこれを検知し、作業アセンブリが速い第1の退避速度で、障害物のない左右の一方に前記接触状態が解除されるまで退避する。したがって、ロボットの走行速度をある程度の速さで走行させることが可能となる。

なお、ここでいう、「前方」ないし「前面」は、ロボットの進行方向を基準にして定義付けられる。

[0023] ロボットの前進中に、作業アセンブリが障害物の側面に接触すると、第2の接触センサがこれを検知し、作業アセンブリが低速の第2の退避速度で、障害物とは反対側の左右の一方に、当該接触状態が解除されるまで退避する。したがって、作業アセンブリが障害物に沿った状態で、ロボットが走行することが可能であるから、作業アセンブリが障害物である壁際から離れすぎってしまうという不都合が生じない。

[0024] 本発明において、前記制御手段は、第1の接触センサによる接触検知の時間が所定の時間よりも長い場合は、走行を停止させる機能を有するのが好ましい。

このようにすれば、障害物との接触による作業ロボットの破損や、障害物の損傷を防止することができる。

- [0025] 本発明において、前記所定の時間は、走行速度が速い時には小さい値に設定され、走行速度が遅い場合には大きい値に設定されるのが好ましい。

このようにすれば、低速走行時の不要な停止を防止すると共に、高速走行時における本作業ロボットや障害物の損傷を防止することができる。

- [0026] 本発明において、前記制御手段は、第1の接触センサによる検知時間が所定の閾値を超えたことを検出して走行を停止させた場合、当該停止後、所定距離だけ後方へ移動させ、前記作業アセンブリを所定距離退避方向に移動させた後、前方への走行を再開するように、前記走行アセンブリと前記作業アセンブリ移動機構を制御するのが好ましい。

このようにすれば、作業アセンブリが障害物に接触したまま移動するのを防止できるから、作業アセンブリによって壁などの障害物が傷つくのを防止することができる。

- [0027] 本発明において、前記制御手段は、前記接触センサの検知信号に基づいた作業アセンブリの移動が行われた場合、前記両接触センサによる接触が検出されなくなった後に、前記走行アセンブリに対する作業アセンブリの相対位置を接触センサによる接触が検出される以前の位置に、第2の退避速度よりも低速の復帰速度で戻すように前記移動機構を制御するのが好ましい。

このようにすれば、作業アセンブリの復帰時において、障害物と作業アセンブリとの接触時の衝撃を少なくすることができる。

- [0028] 本発明においては、前記作業アセンブリは平面視が概ね長方形に形成され、前記接触センサは前記作業アセンブリの周囲を覆うバンパと、前記バンパと一体に移動する被検出部と、前記被検出部を検出する検出スイッチとを備えるのが好ましい。

このようにすれば、バンパが作業アセンブリの周囲を覆っているので、該バンパと一体に移動する被検出部を検出することにより、障害物との接触を検出することができる。

- [0029] 本発明においては、前記バンパは左右に分割されており、当該分割されたバンパごとに前記被検出部および検出スイッチが設けられ、前記左側のバンパは左方向に

バネ力により付勢された状態で所定の左端の位置に位置決めされ、前記右側のバンパは右方向にバネ力により付勢された状態で所定の右端の位置に位置決めされているのが好ましい。

このようにすれば、バンパは、左右に分割され、バネ力により付勢された状態で左右端に、それぞれ位置決めされる。そのため、バンパを浮いた状態で支持する必要がなくなるから、該バンパが走行中などに左右に揺れるおそれがない。したがって、壁との接触を精度良く検知することができる。

- [0030] 本発明においては、前記バンパは左右および前後に分割されており、当該分割されたバンパごとに前記被検出部および検出スイッチが設けられ、左前側のバンパは、左方向および前方向にバネ力により付勢された状態で所定の左端および前端の位置に位置決めされ、
- 右前側のバンパは、右方向および前方向にバネ力により付勢された状態で所定の右端および前端の位置に位置決めされ、左後側のバンパは、左方向および後方向にバネ力により付勢された状態で所定の左端および後端の位置に位置決めされ、右後側のバンパは、右方向および後方向にバネ力により付勢された状態で所定の右端および後端の位置に位置決めされているのが好ましい。

このようにバンパを前後および左右に4分割して設けることで、壁との接触を前後および左右において検出することができる。

- [0031] 本発明においては、前記バンパは左右および前後に分割されており、当該分割されたバンパごとに前記被検出部および検出スイッチが設けられ、前記分割された各バンパは、当該各バンパが障害物に接触した際に内方へ退避可能なように外方に向ってバネ力により付勢された状態でストッパにより所定の位置に位置決めするのが好ましい。

このようにすれば、バンパが4分割され、かつ、各々、各バンパごとの支持部材がバネ力でストッパに接触していることにより、小さく分割されたバンパが安定して支持される。したがって、左右に長い作業部であっても、バンパに撓みが出るおそれがない。

- [0032] この場合、前記各バンパは、四隅のコーナ部では連続しており、かつ、各バンパ同

士が前面、後面および2つの側面において互いに分割されているのが更に好ましい。

このように、四隅のコーナ部が連続していることにより、バンパの四隅が障害物に係合する(引っ掛かる)おそれがないので、スムーズな走行を期待することができる。

- [0033] 本発明の更に別のロボットは、床面に対して鉛直線のまわりに回転可能な走行アセンブリと、前記走行アセンブリの前方または後方に取り付けられ、床面に対して作業を行う作業アセンブリと、前記鉛直線のまわりの前記走行アセンブリの回転角度を測定する回転角度測定手段と、前記回転角度を記憶する記憶手段と、前記走行アセンブリの幅方向に互いに離間して設けられ、前記走行アセンブリの進行方向にある障害物までの距離を測定する複数の前方距離測定手段と、前記走行アセンブリの進行方向に対して側方にある障害物までの距離を測定する側方距離測定手段と、前記側方距離測定手段によって測定された複数の測定値に基づいて、前記走行アセンブリが横壁に沿って走行しているか否かを判別する判別手段と、前記走行アセンブリの走行動作を制御する制御手段とを更に備え、前記制御手段は、前記複数の前方距離測定手段の少なくとも一つの測定値が、所定の走行停止限界距離SHd以下となった場合に、走行アセンブリが前方の障害物に近接していると判断して前記走行アセンブリの走行を停止させると共に、前記複数の前方距離測定手段の測定値を比較して、当該障害物の面までの測定距離の差もしくは比が所定の範囲内か否かを判別し、前記測定距離の差もしくは比が前記所定範囲外であると判別した場合には、前記測定距離の差もしくは比が前記所定範囲内になるまで前記走行アセンブリを前記鉛直線のまわりに回転動作させると共に、前記所定範囲内となった時点の走行アセンブリの回転角度を前記記憶手段に記憶させ、前記判別手段により、前記回転動作を行うまでの前記走行アセンブリの走行が横壁に沿った走行であったと判別された場合には、前記横壁と前方の障害物とによって形成される隅部に対して作業を行った後、前記記憶手段に記憶されている前記回転角度に基づいて前方の障害物に沿って走行するように前記制御手段が前記走行アセンブリの走行動作を制御する。
- [0034] 本発明では、走行アセンブリの進行方向に対して所定の角度以上傾いた障害物が検出されると、前記走行アセンブリが走行を停止して、前記複数の前方距離測定手

段の測定距離が概ね等しくなるまで、前記走行アセンブリが鉛直線のまわりに回転動作する。走行アセンブリの進行方向に対する前記障害物の傾き角度は、前記複数の前方距離測定手段の測定距離が概ね等しくなった時点の回転角度に等しいから、該回転角度を前記回転角度測定手段により測定することで、前記障害物の傾き角度を求めることができる。一方、前記判別手段により横壁の有無を検知することにより、隅部に対する作業が必要であるか否かが判

断される。走行アセンブリが横壁に沿って走行していたと判別された場合は、隅部に対して作業を行った後に、前方の障害物に沿って走行するように走行アセンブリの動作が制御される。これに対し、走行アセンブリが横壁から離れた位置を走行していたと判別された場合は、走行アセンブリが前記回転動作を行った後、すぐに前方の障害物に沿って走行するように制御される。

[0035] 本発明によれば、走行アセンブリの前方にある障害物の傾き角度にかかわらず、障害物の傾き角度および横壁の有無に応じて走行アセンブリの走行動作が制御されるので、横壁と前方の障害物とによって形成される隅部に対しても確実に作業を行うことができるから、作業対象となる領域の床面に対して隅々まで残らず作業することができる。

[0036] 本発明において、前記判別手段は、前記前方距離測定手段が障害物を検出して前記走行アセンブリが停止した際、前記走行アセンブリが前記回転動作を開始する前に前記判別を行い、前記判別手段により、前記回転動作を行うまでの前記走行アセンブリの走行が横壁に沿った走行であったと判別された場合には、前記回転動作の回転中心を前記横壁から離れる方向に所定の距離移動させた後、前記回転動作を行うように前記制御手段が前記走行アセンブリの走行動作を制御するのが好ましい。

[0037] この態様によれば、走行アセンブリが前記回転動作を行う前に、回転動作の回転中心を横壁から所定の距離離れた位置にズラすことで、前記回転動作中に前方距離測定手段の一部が、前方の障害物までの距離と誤って横壁までの距離を測定するおそれがないから、前方の障害物の傾き角度を正確に測定することができる。

[0038] 本発明の好適な態様においては、前記前方距離測定手段が、複数の超音波式セ

ンサと複数の光学式センサとを備え、前記超音波式センサおよび光学式センサを、各々、前記走行アセンブリの幅方向に互いに離間して設け、前記超音波式センサが障害物を検出し、かつ、前記光学式センサが障害物を検出している場合は、当該障害物の前記走行アセンブリの進行方向に対する傾きが所定の傾き角度よりも小さいと判断し、前記超音波式センサが障害物を検出せず、かつ、前記光学式センサが障害物を検出している場合は、当該障害物の前記走行アセンブリの進行方向に対する傾きが所定の傾き角度よりも大きいと判断する。

[0039] この態様によれば、前方の障害物の傾きが所定の傾き角度よりも大きくて超音波式センサでは検出できない場合でも、光学式センサにより障害物を検出できるので、障害物の検出精度を向上させることができる。また、障害物を検出して当該障害物の傾き角度を測定する際には、測定精度の良い超音波式センサを主として用いることで、障害物の傾き角度の測定精度を向上させることができる。

[0040] 本発明において、前記前方距離測定手段が複数の超音波式センサと複数の光学式センサとを備えている場合には、前記複数の光学式センサが、前記走行アセンブリの進行方向に対して所定の角度傾けて設けられたセンサを含むのが好ましい。

[0041] こうすれば、走行アセンブリの斜め前方にある障害物を検出することができるから、障害物の検出精度が更に向上する。

[0042] 本発明のより具体的な態様においては、前記側方距離測定手段の測定値の履歴に基づいて算出された側方の障害物までの距離である「側方距離値」が前記記憶手段に記憶される。また、前記前方の障害物の傾き角度を求めるための回転動作で、前記複数の前方距離測定手段の測定距離の差もしくは比が前記所定範囲内となった時点の走行アセンブリの回転角度が前記前方障害物の傾き角度である「傾き角度値」として前記記憶手段に記憶されると共に、その時点の前方距離測定手段の測定距離が「前方距離値」として前記記憶手段に

記憶される。前記制御手段は、前記「側方距離値」、「傾き角度値」および「前方距離値」の値に基づいて、前方障害物と側方障害物との交点の位置と走行アセンブリとの位置関係を算出し、その位置関係情報に基づいて、前方障害物と側方障害物とによって形成される隅部に対して作業を行うように前記走行アセンブリの走行動作を制御

する。

- [0043] このようにすれば、直角でない壁の隅部と作業ロボットの現在位置との相対位置関係を計算できるので、隅々まで正確に作業をすることができる。

図面の簡単な説明

- [0044] [図1]本発明の実施例1にかかる自走式作業ロボットの斜め前方から見た概略斜視図である。
- [図2]同ロボットの斜め後方から見た概略斜視図である。
- [図3]本作業ロボットの平面断面図である。
- [図4]本作業ロボットの制御機構を示す概略構成図である。
- [図5]障害物の検出原理を示す模式図である。
- [図6]障害物の検出方法を示す概略平面図である。
- [図7]作業アセンブリの平面断面図である。
- [図8]作業アセンブリの右側部分を示す平面断面図である。
- [図9](a)～(c)は、それぞれ、障害物の検出方法を示す平面断面図である。
- [図10](a)～(c)は、それぞれ、障害物の検出方法を示す平面断面図である。
- [図11](a)～(d)は、それぞれ、障害物の回避方法を示す平面図である。
- [図12](a)は本作業ロボットによる障害物の回避方法を示す平面図、(b)は比較例を示す平面図である。
- [図13](a)は障害物に接触しても停止しない場合の回避方法を示す平面図、(b)は停止および後退する場合の回避方法を示す平面図である。
- [図14](a)は実施例2にかかる作業ロボットの走行アセンブリの構成を示す平面図、(b)は同側面図である。
- [図15](a)は作業ロボットの外観を示す平面図、(b)は制御構成を示すブロック図である。
- [図16]直角の壁に囲まれた領域を作業する場合の動作を示す平面図である。
- [図17]鈍角の隅部を作業する際の動作を示す平面図である。
- [図18]同一連の作業工程を示す平面図である。
- [図19]横壁から離れたレーンで斜め壁に沿って作業する場合の動作を示す平面図

である。

[図20]横壁から離れたレーンで斜め壁に沿って作業する場合の動作を示す平面図である。

[図21]鋭角の隅部を作業する際の動作を示す平面図である。

[図22]実施例2の動作を示す平面図である。

[図23]同一連の作業工程を示す平面図である。

[図24]超音波センサだけでは測定できない場合の動作を示す平面図である。

符号の説明

- [0045] 1:走行アセンブリ
2:作業アセンブリ
11:取付板(移動機構の一部)
12:タイミングベルト(移動機構の一部)
13:プーリー(移動機構の一部)
14:レール(移動機構の一部)
21(L, R), 22(L, R):パンパ
30F:前バー(被検出部:第1および第2の接触センサの一部)
30B:後バー(被検出部)
4a:第1光学センサ(第1距離センサ)
4b, 4c:第2光学センサ(第2距離センサ)
4d:第3光学センサ(第3距離センサ)
112:保護カバー
113:凹部
46:CPU(第1および第2判別手段、変更手段)
7:ジャイロセンサ(回転角度測定手段)
8:マイコン(制御手段)
3a, 3b:超音波センサ(側方距離測定手段)
3c〜3e:超音波センサ(前方距離測定手段)
17a〜17e:光学式センサ(前方距離測定手段)

80:CPU(制御手段, 判別手段)

81:メモリ(記憶手段)

θ :回転角度

O:回転中心(鉛直線)

Dc:第1測定距離

Dr:第2測定距離

W:障害物

β :傾斜角

SR1, SL1:第1検出スイッチ(第1の接触センサの一部)

SR2, SL2:第2検出スイッチ(第2の接触センサの一部)

発明を実施するための最良の形態

[0046] 本発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施例の説明からより明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施例および図面は単なる図示および説明のためのものである。本発明の範囲は請求の範囲のみに基づいて定められる。添付図面において、複数の図面における同一の部品番号は、同一または相当部分を示す。

[0047] 以下、本発明の実施例を図面に従って説明する。

以下の実施例では、本発明の自走式作業ロボットを、床上のゴミを吸い上げる自走式の清掃ロボットに適用した場合について例示して説明する。

[0048] 第1実施例:

図1および図2に示すように、本発明にかかる自走式作業ロボットは、床面を自走する台車様の走行アセンブリ1と、床上のゴミを吸い上げる作業アセンブリ2とを備えている。作業アセンブリ2は、走行アセンブリ1の定常的な進行方向Fに対して、該走行アセンブリ1の後方に設けられている。

[0049] 走行アセンブリ1の上部には、吸引ユニット56が設けられている。吸引ユニット56には、ゴミ収容部(タンク)や、ブローモータ、フィルタなどが設けられている。吸引ユニット56と作業アセンブリ2とは、吸引ホース57を介して接続されている。作業アセンブリ2の下面には吸引口59が設けられている。本作業ロボットが走行しながら清掃作業を行うと、床のゴミが吸引口59から次々に吸い上げられて、床面の清掃が行われ

る。

[0050] 走行アセンブリ1:

図3に示すように、前記走行アセンブリ1は、該走行アセンブリ1の駆動を行うための1対の駆動輪6a, 6bと、前記走行アセンブリ1の前部と後部の略中央に自在キャスター(図示せず)とを備えている。前記駆動輪6a, 6bは、それぞれ、駆動モータ5a, 5bによって駆動される。駆動モータ5a, 5bは正逆回転可能である。制御手段8(図4)は走行アセンブリ1の走行を制御する。

[0051] 直進走行時には、前記2つの駆動モータ5a, 5bが同方向に回転することで、走行アセンブリ1は前進または後退することができる。回転動作を行う際には、前記2つの駆動モータ5a, 5bがそれぞれ逆方向に回転することで、ロボットの回転動作が行なわれる。一方、前記2つの駆動モータ5a, 5bの回転の比率が制御されることで、走行アセンブリ1はカーブ走行を行うことができる。

[0052] 前記作業アセンブリ2には、作業アセンブリ2の本体20を走行アセンブリ1に取り付けるための取付板11が設けられている。一方、走行アセンブリ1の後方には、進行方向Fに略直交する左右方向Xに延びるレール14が設けられている。前記取付板11は、前記レール14に取り付けられ、かつ、タイミングベルト12およびプーリー13を介してスライド駆動モーター15に接続されている。前記取付板11は、前記スライド駆動モーター15により前記レール14に沿って左右にスライド移動される。したがって、取付板11、タイミングベルト12、プーリー13、レール14およびスライド駆動モーター15は、作業アセンブリ2を走行アセンブリ1に対して左右に移動させる移動機構を構成している。

[0053] 本作業ロボットの走行中に、作業アセンブリ2を所定のタイミングで左右移動させるように制御することにより、図12や図13に示すように、作業アセンブリ2が壁Wに沿って移動される。

[0054] 図3の前記走行アセンブリ1の前部には、複数の超音波(距離)センサ3a〜3dと、第1〜第3の光学(距離)センサ4a〜4dとが設けられている。

[0055] これら複数のセンサのうち、2つの超音波センサ3a, 3bは、走行アセンブリ1の左右にある障害物までの距離を測定するものである。一方、残りの超音波センサ3c, 3dは

、走行アセンブリ本体111の前端の両側部に設けられ、光学センサ4a〜4dは、前端の中央部に設けられている。これらのセンサ3c, 3d, 4a〜4dは走行アセンブリ1の前方にある障害物までの距離を測定する。

[0056] 光学センサ4a〜4d:

第1光学センサ4aはロボットの左右方向Xの中央の先端部分に設けられている。第1光学センサ4aは、前方の障害物Wまでの距離Dc(図6)を測定する。

第1光学センサ4aの左右の両側には、該第1光学センサ4aに近接して第2光学センサ4b, 4cが設けられている。第2光学センサ4b, 4cは、左右の斜め前方の障害物Wまでの距離Dr, D_L(図6)を測定する。

図1の第3光学センサ4dは、第1光学センサ4aの上方に設けられている。第3光学センサ4dは、前方の斜め下方までの距離Ddを測定する

[0057] 走行アセンブリ1の本体111の先端部には、保護カバー112が設けられている。前記保護カバー112には、凹部113が形成されている。図1に示すように、前記凹部113は、第1および第2光学センサ4a〜4cの3つのセンサに近接対向する側面113a〜113cを備えている。一方、凹部113には、天井面113dが形成されている。該天井面113dに対向する位置には、前記第3光学センサ4dが配置されている。なお、底面113eに対向する位置には、ロボットがくぐり抜けることができない障害物が前方の上方にあるか否かを検出するための光学センサ(図示せず)が配置されてもよい。

[0058] 制御手段:

図4に示すように、前記制御手段8は、センサ信号入力手段40、走行車輪制御手段41、スライド制御手段42、光学センサ制御手段43、超音波センサ制御手段45、プロアモータ制御手段50およびマイコン(マイクロコンピュータ)44を備えている。

各手段40〜43, 45, 50は、それぞれ、図示しないインターフェイスを介してマイコン44に接続されている。マイコン44は、CPU46、RAM47、ROM48および計時を行うタイマ49を備えている。ROM48には、後述する退避速度A1〜A3や種々の閾値などが予め記憶されている。

[0059] 前記センサ信号入力手段40には、作業アセンブリ2に設けられた、たとえば光センサからなる検出スイッチ(接触センサの一部)SL1〜SL4, SR1〜SR4が接続されて

いる。

前記走行車輪制御手段41は、図3の駆動モータ5a, 5bの回転を制御し、走行アセンブリ1の走行の制御を行う。

前記スライド制御手段42(図4)は、スライド駆動モーター15の回転を制御し、作業アセンブリ2の移動機構の制御を行う。

前記センサ制御手段43, 45(図4)は、前記複数の超音波式センサ3a-3dおよび光学式センサ4a-4dの制御を行う。

[0060] 障害物の検出:

前記ROM48(図4)には、更に、走行アセンブリ1の走行パターンや、後述する第1および第2閾値SHc、SHr、停止距離Dr0および種々の演算式等が予め記憶されている。

[0061] CPU(第1判別手段)46(図4)は、前記第1光学センサ4aにより測定された図5の障害物Wまでの第1測定距離Dcと、前記第1閾値SHcとを比較して障害物Wの接近を判別する第1判別を行う。また、CPU(第2判別手段)46は、第2光学センサ4b(4c)により測定された障害物Wまでの第2測定距離Dr(D_L)と、第2閾値SHrとを比較して障害物Wの接近を判別する第2判別を行う。

[0062] 前記CPU46は、前記2つの判別手段のうち、いずれか一方が接近したと判別した時に、前記ロボットが前記障害物に接近したと断定する。前記CPU46は、障害物Wが接近したと断定すると、走行アセンブリ1の減速や、停止、旋回、方向転換、後退などを行ってもよいし、これらの内の複数を組み合わせて障害物Wとの衝突の回避を行ってもよい。あるいは、減速して壁に沿って走行するようにしてもよい。

[0063] 障害物Wの検出原理:

つぎに、本発明による障害物Wの検出原理について説明する。

図6(c), (d)に示すように、障害物Wの傾斜角 β が大きな場合には、前記第1光学センサ4aによる第1判別のみでは、走行アセンブリ1の前端の側部が障害物Wに衝突するおそれがある。そこで、本ロボットでは、傾斜角 β に応じて、第1判別および第2判別を行い、傾斜角 β にかかわらず、障害物Wが接近したか否かの判別を行うことができるようにしている。

すなわち、図6(a)のように、傾斜角 β が所定の基準角度よりも小さい場合には、第1判別手段の判別結果が有効となってロボットが障害物Wに接近したか否かの判別が行われる。一方、図6(c), (d)のように、傾斜角 β が前記基準角度よりも大きな場合には、第2判別手段の判別結果が有効となって、ロボットが障害物Wに接近したか否かの判別が行われる。

[0064] たとえば、本実施例では、前記基準角度は以下の値となる。

図5に示すように、第1光学センサ4aからの光(平行光)は、本ロボットの定常的な進行方向Fに略平行に照射される。

[0065] 一方、両側の第2光学センサ4b, 4cからの光の照射方向は、第1光学センサ4aからの光の照射方向に対して、それぞれ、所定の取付角度 α 、 α に設定されている。そのため、障害物Wの傾斜角 β が、前記取付角度 α の $1/2$ になったときに、第1光学センサ4aの第1測定距離 D_c と、第2光学センサ4b(4c)の第2測定距離 $D_r(D_L)$ とが一致する。

[0066] 本実施例では、前記取付角度 α の $1/2$ を基準角度として、当該基準角度よりも傾斜角 β が小さい場合、すなわち、第1測定距離 D_c が第2測定距離 D_r よりも小さい場合(たとえば、図6(a))には、前記第1判別による判別結果に基づいて、障害物Wが接近したか否かの判別が行われる。CPU46は、傾斜角 β が基準角度よりも小さい場合($D_c < D_r$ の場合)、第1判別手段の方が第2判別手段よりも先に障害物Wの接近を検出するから、第1測定距離 D_c が第1閾値 SH_c 以下の場合には、障害物Wが接近したと断定する。

[0067] 一方、傾斜角 β が基準角度以上の場合、すなわち、第1測定距離 D_c が第2測定距離 D_r 以上の場合(たとえば、図6(b)～(d))には、第2判別手段の方が第1判別手段よりも先に障害物Wの接近を検出するから、前記第2判別による判別結果に基づいて、障害物Wが接近したか否かの断定が行われる。

ここで、第2閾値 SH_r を固定値にすると、障害物Wの傾斜角 β が著しく大きい図6(d)のような場合には、前端の両側部が障害物Wに衝突してしまうおそれが生じる。そのため、第2閾値 SH_r は、図5の傾斜角 β が大きくなる程、大きくするとよい。そこで、以下に説明するように、障害物Wの傾斜角 β が大きくなる程、第2閾値 SH_r の値を大

きくしている。

- [0068] 以下、傾斜角 β が基準角度以上の場合 ($D_c \geq D_r$ の場合) の第2閾値SHrの変更方法について説明する。

前記第2閾値SHrの変更方法としては、第1測定距離 D_c と第2測定距離 D_r との比や差に応じて、第2閾値SHrを変更してもよい。たとえば、差 ($D_c - D_r$) が大きい場合には、当該差の大きさに応じて第2閾値SHrを大きくするようにしてもよい。また、比率 (D_c / D_r) が大きい場合には、当該比率に応じて第2閾値SHrを大きくするようにしてもよい。

- [0069] 以下、第2閾値SHrの変更方法として、第1測定距離 D_c と第2測定距離 D_r との差を用いた場合について例示して説明する。

CPU46は、下記の(11)式を用いて第2閾値SHrを算出する。

$$SHr = Dr0 - (Dr - Dc) \cdots \cdots (11)$$

ここで、 $Dr0$ は、 $Dr = D_c$ の時の Dr の走行停止基準値であり、センサの配置や本ロボットの大きさや形状に基づいて予め設定された値である。

- [0070] CPU46は、前記(11)式に基づいて第2閾値SHrを算出し、前記第2閾値SHrと第2測定距離 D_r との比較を行う。

たとえば、図6(b)に示すように、 $Dr = D_c$ の場合(障害物Wの傾斜角 β が、前記取付角度 α の $1/2$ の場合)には、第2閾値SHrは走行停止基準値 $Dr0$ と同じ値になる。

- [0071] 一方、図6(c)に示すように、障害物Wの傾斜角 β が $\alpha/2$ よりも大きな場合には、 $Dr < D_c$ であるから、前記(11)式により、第2閾値SHrの値は走行停止基準値 $Dr0$ よりも大きな値に設定される。

さらに、図6(d)に示すように、障害物Wの傾斜角 β が著しく大きな場合には、 $Dr \ll D_c$ であるから、前記(11)式により、第2閾値SHrの値は更に大きな値に設定される。

CPU46は、第2測定距離 D_r と第2閾値SHrとの比較を行い、第2測定距離 D_r が第2閾値SHr以下の場合には、ロボットが障害物Wに接近したと判別する。

- [0072] 以上のように、障害物Wの傾斜角 β が基準角度よりも大きい場合には、当該傾斜角 β が大きくなるほど第2閾値SHrの値が大きくなるように、所定の演算式に基づい

て第2閾値SHrの値が変更される。したがって、傾斜角 β が著しく大きくても、ロボットの前端の側部が障害物Wに接触する前に、確実に障害物Wを検出することができる。

[0073] なお、第2閾値SHrの算出式としては、本ロボットの形状や大きさ、走行速度等によって種々の演算式が考えられる。該演算式としては、前述の(11)式の他に、たとえば、 $SHr = Dr0 - (Dr - Dc) / 2$ を用いてもよい。

[0074] また、前述の実施例では、傾斜角 β が大きい場合、第2判別手段による判別結果に基づいて、障害物Wが接近したか否かの判別が行なわれたが、他の実施例として、常に第1判別手段による判別を行い、障害物Wの傾斜角 β が大きくなる程、第1閾値SHcを大きくする方法も考えられる。

かかる変形例に用いる演算式としては、たとえば、以下の(12)式を用いてもよい。

$$SHc = DR0 - (Dr - Dc) \times 1.5 \dots \dots (12)$$

したがって、図6(b)～(d)に示すように、障害物Wの傾斜角 β が大きくなるほど、第1閾値SHcが大きくなるので、障害物Wの傾斜角 β が大きい場合であっても、第1判別手段による判別結果を用いて障害物Wの接近を検出することができる。

[0075] しかし、距離センサは、一般的に測定距離が小さい程測定精度が向上する。そのため、一般的には、本実施例のように、傾斜角が大きい場合には、より測定距離の小さい前記第2判別手段を用いる方が好ましい。但し、距離センサの種類によっては、所定距離以下で測定精度が低下する場合もあるので、そのような場合には、常に第1判別手段による判別を行い、障害物の傾斜角が小さくなる程、第1閾値SHcを大きくする方法を採用するほうが好ましい。

[0076] 第1および第2光学センサ(距離センサ)は、作業ロボットの前面の側部に設けられていてもよい。かかる場合、第2光学センサは、ロボット本体の外側の斜め前方の距離を測定する一方のみでよい。

[0077] 作業アセンブリ2:

図3に示すように、前記作業アセンブリ2は、平面視が長方形である。前記作業アセンブリ2の左右方向の幅は、走行アセンブリ1の左右方向Xの幅よりも大きい。したがって、作業アセンブリ2は、走行アセンブリ1の左右から突出している。作業アセンブリ

2は、本体20と、該本体20の周囲を覆うバンパ21 (L, R), 22 (L, R)を備えている。前記バンパ21, 22は、左右および前後に分割されている。前記バンパ21, 22は、本作業ロボットの進行方向Fに略直交する左右方向Xの中心に対して、鏡対象に設けられている。

[0078] 図2(および図7)に示すように、各バンパ21, 22は、四隅のコーナ部では連続している。各バンパ21, 22は、前面、後面および2つの側面において、互いに分割されている。後側のバンパ22L, 22Rは、作業アセンブリ2の左右方向Xの概ね中心部分において分割されている。前記後側のバンパ22L, 22Rの分割部分は、互いに略平行

、かつ、上下方向Zに対して斜めに形成されている。

[0079] 図7に示すように、バンパ21, 22の前側のコーナ部および後側のコーナ部には、それぞれ第1および第2コロ25, 26が設けられている。なお、図1、図2では、コロ25, 26が省略されている。

[0080] 前バー30F:

図8は、作業アセンブリ2の右側部分を示す平面断面図である。

図8に示すように、右前バンパ21Rは、該右前バンパ21Rに沿って左右方向Xに延びる前バー(被検出部)30Fに、ブラケット27を介して支持されている。前バー30Fは、第1および第2アーム31, 32を介して作業アセンブリ本体20に取り付けられている。

[0081] バンパ支持機構:

前バー30Fの左右の端部には、前記第1および第2アーム31, 32が、それぞれ設けられている。第1および第2アーム31, 32は、回転軸31o, 32oを中心に、作業アセンブリ本体20に対して回転自在に取り付けられている。第1および第2アーム31, 32には、長孔31a, 32aが形成されている。前バー30Fの左右の端部には、前記長孔31a, 32a内を摺動する摺動部30a, 30aが形成されている。したがって、前バー30Fは、第1および第2アーム31, 32を介して、作業アセンブリ本体20に対して前後、左右および斜め方向に移動可能に支持されている(図9(a)〜(c))。

[0082] 右前バンパ21Rの左側の端部23は、後方に向って折り曲げられている。そのため

、図9(a)、(c)に示すように、右前バンパ21Rの前面や斜め前のコーナ部が障害物Wに接触すると、前記端部23が作業アセンブリ本体20に接触し、前記端部23を中心に右前バンパ21Rが若干回転する。

[0083] 位置決め機構：

図8に示すように、右側の第1アーム31の回転軸31oには、スプリング31sが巻回されている。前バー30Fは、スプリング31sのバネ力によって、矢印で示すように右側に向って付勢されている。

一方、作業アセンブリ本体20には、ストップ35が固定されている。第1アーム31はストップ35に接することで、前バー30Fが右端の所定の位置に位置決めされている。

[0084] 一方、作業アセンブリ本体20には、前バー30Fを進行方向Fに付勢するための第3アーム33が設けられている。第3アーム33は、回転軸33oを中心に作業アセンブリ本体20に対して回転自在に設けられている。第3アーム33の端部には、前バー30Fの後端部に接するローラ34が設けられている。前記回転軸33oに巻回されたスプリング33sのバネ力によって、ローラ34が前バー30Fの後端部を前方向Fに向って付勢している。

前バー30Fは、前記摺動部30a、30aが、第1および第2アーム31、32の長孔31a、32aの前端部に接触することにより、進行方向Fの端部に位置決めされている。

[0085] 右第1および右第2検出スイッチSR1、SR2：

作業アセンブリ本体20には、前バー30Fの位置を検出するための右第1および右第2検出スイッチSR1、SR2が設けられている。右第1検出スイッチSR1は、前バー30Fの右側の後端部に対応する位置に設けられている。一方、右第2検出スイッチSR2は、前バー30Fの左端に対応する位置に設けられている。

[0086] たとえば、図9(a)に示すように、前進時において、右前バンパ21Rの前面が障害物Wに当接した場合には、前バー30Fが右後方に移動する。この際、前バー30Fによって右第1検出スイッチSR1の光が遮光されて、前バー30Fが検出される。したがって、右第1検出スイッチSR1(SL1)および前バー30Fは、作業アセンブリ2の前面が障害物Wに接触したのを検知する第1の接触センサを構成している。

図9(b)に示すように、右前バンパ21Rの側面に第1コロ25を介して障害物Wが接

触した場合には、前バー30Fが左側に移動する。この際、前バー30Fによって第2スイッチSR2の光が遮光されて前バー30Fが検出される。したがって、右第2検出スイッチSR2(SL2)および前バー30Fは、作業アセンブリ2の側面に障害物Wが接触したのを検知する第2の接触センサを構成している。

図9(c)に示すように、右前バンパ21Rの斜め前に第1コロ25を介して障害物Wが接触した場合には、前バー30Fが左斜め後に移動する。この際、右第1および右第2検出スイッチSR1, SR2の双方が前バー30Fを検出する。

- [0087] 図7に示すように、作業アセンブリ2の左側に設けられた左第1および左第2検出スイッチSL1, SL2は、それぞれ、前述の右第1および右第2検出スイッチSR1, SR2に対して、鏡対象の位置に設けられている。したがって、左右の第1および第2検出スイッチSR1, SR2, SL1, SL2の検出信号と、前進時における障害物の接触位置との関係は、以下のようになる。

SR1のみ:右前面に接触(図9(a))

SR2のみ:右側面に接触(図9(b))

SR1およびSR2:右斜め前に接触(図9(c))

SL1のみ:左前面に接触

SL2のみ:左側面に接触

SL1およびSL2:左斜め前に接触

- [0088] 後バー30B:

図8に示すように、前記右後バンパ22Rは、該右後バンパ22Rに沿って左右方向Xに延びる後バー(被検出部)30Bが、ブラケット27を介して支持されている。後バー30Bの移動機構および位置決め機構は、前述の前バー30Fに対して、同様であり、その相当部分に同一符号を付してその説明を省略する。

このように、分割された各バンパ21(L, R), 22(L, R)は、当該各バンパ21(L, R), 22(L, R)が障害物Wに接触した際に、内方へ退避可能なように外方に向ってバネ力により付勢された状態で、ストップ35により所定の位置に位置決めされている。

- [0089] 右第3および右第4検出スイッチSR3, SR4:

作業アセンブリ本体20には、後バー30Bの位置を検出する右第3および右第4検

出スイッチSR3, SR4が設けられている。右第3検出スイッチSR3は、後バー30Bの右側の前端部に対応する位置に設けられている。一方、右第4検出スイッチSR4は、後バー30Bの左側の前端部に対応する位置に設けられている。

[0090] たとえば、図10(a)に示すように、後退時において、後方の第2コロ26を介して右後バンパ22Rの右斜め後のコーナ部が障害物Wに接触した場合には、後バー30Bの右端が前方に移動し、右第3検出スイッチSR3が後バー30Bを検出する。

図10(b)に示すように、右後バンパ22Rの左端付近、すなわち作業アセンブリ2の中央部の右側付近に障害物Wが接触した場合には、後バー30Bの左端が前方に移動し、右第4検出スイッチSR4が後バー30Bを検出する。

図10(c)に示すように、右後バンパ22Rの中央部付近、すなわち、作業アセンブリ2の右側に障害物Wが接触した場合には、後バー30Bが前方に移動し、右第3および右第4検出スイッチSR3, SR4の双方が後バー30Bを検出する。

[0091] 作業アセンブリ本体20の左側に設けられた左第3および左第4検出スイッチSL3, SL4は、それぞれ、前述の右第3および右第4検出スイッチSR3, SR4に対して、鏡対象の位置に設けられている。したがって、左右の第3および第4検出スイッチSR3, SR4, SL3, SL4の検出信号と、後退時における障害物の接触位置との関係は、以下のようになる。

SR3のみ: 右斜め後に接触(図10(a))

SR4のみ: 作業アセンブリ2の中央部右に接触(図10(b))

SR3およびSR4: 作業アセンブリ2の右側付近に接触(図10(c))

SL3のみ: 左斜め後に接触

SL4のみ: 作業アセンブリ2の中央部左に接触

SL3およびSL4: 作業アセンブリ2の左側付近に接触

[0092] 回避動作:

以上説明したように、前記CPU46は、センサ信号入力手段40を介して検出スイッチSR1〜SR4, SL1〜SL4からの検出信号を受信することにより、前進ないし後退時において、各バンパ21(L, R), 22(L, R)のどの部分が障害物Wに接触したかを詳細に判別することが可能である。CPU46は、かかる検出信号に基づいて、種々の

回避動作を行う。

以下、回避動作について、本作業ロボットが前進している場合で、かつ、障害物Wに作業アセンブリ2の前面ないし側面が接触した場合について例示して説明する。

[0093] 図11(a)に示すように、左前バンパ21Lの前面が障害物Wに接触した場合、CPU46は左第1検出スイッチSL1(図7)からの検出信号を受け取り、第1の退避速度A1で、作業アセンブリ2を右方向に移動させる。

図11(b)に示すように、右前バンパ21Rの前面が障害物Wに接触した場合、CPU46は右第1検出スイッチSR1(図7)からの検出信号を受け取り、第1の退避速度A1で、作業アセンブリ2を左方向に移動させる。

[0094] 図11(c)に示すように、左前バンパ21Lの左側面が障害物Wに接触した場合、CPU46は左第2検出スイッチSL2(図7)からの検出信号を受け取り、第1の退避速度A1よりも低速の第2の退避速度A2で、作業アセンブリ2を右方向に退避させる。

図11(d)に示すように、右前バンパ21Rの右側面が障害物Wに接触した場合、CPU46は右第2検出スイッチSR2(図7)からの検出信号を受け取り、前記第2の退避速度A2で、作業アセンブリ2を左方向に退避させる。

なお、第1の退避速度A1としては、たとえば1m/秒〜3m/秒程度が好ましい。第2の退避速度A2としては、たとえば、10cm/秒〜30cm/秒程度が好ましい。

[0095] 図12(a)は、前述の制御方法を採用して、本作業ロボットを壁際で走行させた場合の例を示す。以下、本作業ロボットの右側に障害物Wが存在する場合について、例示して説明する。

前記障害物(壁)Wの途中には、左側に向って比較的小さな凸部W1が突出している。作業アセンブリ2は、初期状態において、左右方向Xについてはほぼ中央に位置している。

[0096] 1): 走行アセンブリ1が走行を開始し、右前バンパ21R側面の第1コロ25が障害物Wに接触すると、第2検出スイッチSR2から検出信号が送信される(図9(b)の状態)。CPU46は、第2検出スイッチSR2からの検出信号を受け取ると、スライド制御手段42を介してスライド駆動モーター15(図3)を作動させ、作業アセンブリ2を左側に低速の第2の退避速度A2で移動させる(図11(d))。

2): 作業アセンブリ2が左方向に移動したため、第2検出スイッチSR2からの検出信号が送信されなくなる。CPU46は、前記検出信号を受信しなくなると、直ちに、第2の退避速度A2よりも更に低速の復帰速度A3で作業アセンブリ2を元の位置に向けて移動させる。

3): 1)および2)と同じ動作を繰り返しながら壁Wに沿って前進する。

4): 障害物Wの凸部W1に右前バンパ21Rの右前が接触すると、第1検出スイッチSR1から検出信号が送信される(図9(a)の状態)。CPU46は、第1検出スイッチSR1からの検出信号を受け取ると、作業アセンブリ2を第1の退避速度A1で左側に高速移動させて、障害物Wの凸部W1を回避しながら前進する(図11(b))。

5)、6): 前記1)および2)と同じ動作を繰り返しながら前進する。

[0097] 図12(b)は、比較例を示す。

図12(b)の比較例では、右前バンパ21Rの側面が障害物Wに接触した場合に、作業アセンブリ2を第1の退避速度A1で高速移動させている(図12(b)の1))。そのため、本比較例では、障害物Wから作業アセンブリ2が離れすぎてしまい、障害物Wと作業アセンブリ2が離れている時間が長くなる(図12(b)の1)〜3))。

これに対し、本実施例では、作業アセンブリ2の側面が障害物Wに接触した場合には、作業アセンブリ2を低速の第2の退避速度A2で移動させている。そのため、作業アセンブリ2と障害物Wとが離れている時間が短くなり、障害物Wに沿って壁際を清掃することができる。

[0098] 一方、図示していないが、障害物Wの凸部W1に右前バンパ21Rの右前が接触した場合に、作業アセンブリ2を第2の退避速度A2で低速移動させることも考えられる。かかる場合には、障害物Wの凸部W1に対する回避が遅くなり、比較的小さな凸部W1であっても作業アセンブリ2が当該凸部W1に引っ掛かってしまい、走行アセンブリ1の進行方向が傾くおそれが生じる。

これに対し、本実施例では、作業アセンブリ2の前面に障害物Wが接触した場合には、作業アセンブリ2を第1の退避速度A1で高速移動させている。そのため、作業アセンブリ2が障害物Wに引っ掛かるおそれが少なくなる。

[0099] つぎに、図13(a)、(b)に示すように、障害物Wの途中に比較的大きな凸部W2が

存在する場合について説明する。

図13(a)に示すように、障害物Wの凸部W2が大きい場合には、作業アセンブリ2を高速の第1の退避速度A1で左側に移動させる回避動作を行っても、当該回避動作が間に合わず、作業アセンブリ2が凸部W2に引っ掛かってしまい、走行アセンブリ1の進行方向が傾くおそれが生じる。

[0100] そこで、本実施例では、以下のように、回避動作を行う。

図13(b)の4)に示すように、右前バンパ21Rに障害物Wが接触すると、右第1検出スイッチSR1が検出信号をCPU46に送信する(図9(a))。前記検出信号は、障害物Wの接触が解消されるまで、送信が続けられる。

図4のCPU46が、右第1検出スイッチSR1からの検出信号を受け取ると、タイマ49が計時を開始し、検知時間を計時する。一方、CPU46は当該検知時間と、ROM48から読み出した閾値(時間H)との比較を行い、検知時間が前記閾値(時間H)よりも長い場合には、図13(b)に示す走行アセンブリ1の走行を停止させる。該停止後、CPU46は、走行アセンブリ1所定距離だけ後方へ移動させる。更に、CPU46は作業アセンブリ2を第1の退避速度A1で所定量退避方向に移動させる。その後、走行アセンブリ1が前方への移動を再開する。

[0101] このように、第1検出スイッチSR1(SL1)による検知時間が所定の閾値(時間H)を超えたことを検出して、走行アセンブリ1の走行が一旦停止され、当該停止後、走行アセンブリ1が所定距離だけ後方へ移動される。したがって、作業アセンブリ2が障害物Wに引っ掛かることによって走行アセンブリ1の進行方向が傾くのを防止し得る。また、障害物Wや作業アセンブリ2に傷が付くのを防止することができる。

[0102] なお、走行アセンブリ1の走行速度が速いほど、前記閾値(時間H)を小さく(時間を短く)するのが好ましい。走行速度が速いほど、作業アセンブリ2が壁の出っ張りに引っ掛かって進行方向が傾くまでの時間が短くなるからである。

かかる回避の方法としては、たとえば、ROM48に複数の閾値を記憶させ、走行アセンブリ1の走行速度が速い場合には小さい値の閾値を読み出し、走行速度が遅い場合には大きい値の閾値を読み出すようにしてもよい。また、所定の演算を行い走行

速度に応じて閾値を算出するようにしてもよい。

- [0103] 前記実施例において、接触センサの一例として、前述の実施例では光センサを用いた。しかし、センサは障害物の接触を検出し得るものであればよく、たとえば、接触型のスイッチが用いられてもよい。

また、後方の左右のバンパは一体に形成されていてもよい。また、前方の左右のバンパのみが用いられてもよい。

- [0104] 第2実施例:

全体構成:

本作業ロボット100は、図15(a), (b)に示す走行アセンブリ1および作業アセンブリ2を備えている。図14(a), (b)に示すように、前記走行アセンブリ1は、走行アセンブリ1の駆動を行うための駆動輪6a, 6bと、走行アセンブリ1のバランスをとるための従動輪9a, 9bとを備えている。前記駆動輪6a, 6bは、それぞれ、駆動モータ5a, 5bによって駆動される。駆動モータ5a, 5bは正逆回転可能で、マイコン(制御手段)8によって回転が制御される。

- [0105] 直進走行時には、前記2つの駆動モータ5a, 5bが同方向に回転することで、走行アセンブリ1は前進または後退することができる。

回転動作を行う際には、前記2つの駆動モータ5a, 5bがそれぞれ逆方向に回転することで、走行アセンブリ1は、図14の床面に対する鉛直線(回転中心)Oのまわりに回転することができる。

なお、前記2つの駆動モータ5a, 5bの回転の比率が制御されることで、走行アセンブリ1はカーブ走行を行うことができる。

- [0106] 走行アセンブリ1の後部には、前記作業アセンブリ2を取り付けるための取付板11が設けられている。取付板11は、スライド駆動モータ15によって駆動され、レール14に沿って走行アセンブリ1の幅方向Xにスライド移動可能とされている。

- [0107] 図15(a)の作業アセンブリ2は、前記取付板11を介して、前記走行アセンブリ1の後方に取り付けられる。前記作業アセンブリ2は、床面に近接ないし接触して床面に対する作業を行うものであり、たとえば、床上のゴミを吸引したり、あるいは、床面にワックスを塗布する。前記作業アセンブリ2は、前記取付板11に取り付けられていること

で、走行アセンブリ1に対して幅方向Xにスライド移動することができる。

- [0108] 図14に示すように、走行アセンブリ1の前部には、複数の超音波式センサ3a〜3eと、複数の光学式センサ17a〜17eとが設けられている。これら複数のセンサのうち、2つの超音波式センサ3a, 3bは、走行アセンブリ1の左右にある障害物までの距離を測定する側方距離測定手段を構成する。一方、残りの超音波式センサ3c, 3d, 3eおよび光学式センサ17a, 17b, 17c, 17d, 17eは、走行アセンブリ1の前方にある障害物までの距離を測定する前方距離測定手段を構成する。

なお、走行アセンブリ1の前部外縁部には、障害物との接触を検知するためのバンパーセンサ10が設けられている。

- [0109] 前記超音波式センサ3c, 3d, 3eおよび前記光学式センサ17a, 17b, 17c, 17d, 17eは、各々、前記走行アセンブリ1の幅方向Xに互いに離間して設けられている。前記光学式センサ17a〜17bのうち、2つの光学式センサ17b, 17dは、それぞれ、前記走行アセンブリ1の進行方向に対して所定の角度傾けて設けられている。

- [0110] 制御構成:

つぎに制御構成について説明する。

図15(b)に示すように、前記マイコン8Aには、駆動モータ5a, 5b、スライド駆動モータ15、前方距離測定手段3c〜3e, 17a〜17e、側方距離測定手段3a, 3b、ジャイロセンサ(回転角度測定手段)7およびバンパーセンサ10などが図示しないインターフェイスを介して接続されている。

前記ジャイロセンサ7は、前記鉛直線Oのまわりの走行アセンブリ1の回転角度を測定するものであり、図14(a), (b)に示すように、前記回転中心Oの近傍に設けられている。

- [0111] 前記マイコン8AはCPU(制御手段、判別手段)80およびメモリ(記憶手段)81を備えている。前記メモリ81には、前記前方距離測定手段3c〜3e, 17a〜17e、側方距離測定手段3a, 3bおよびジャイロセンサ7によって測定される各測定値が記憶される。

- [0112] 動作:

つぎに、本作業ロボットの動作について詳しく説明する。

まず、図16を参照して、直角の壁で囲まれたスペースを作業する場合の基本的な動作について説明する。

図16に示すように、作業ロボット100は、横壁(側方障害物)の壁面に平行な複数の走行レーン201, 202を一方の端から順に走行していく。あるレーンの走行中に、作業ロボット100が前方に壁(前方障害物)を検出すると、走行アセンブリ1は90度回転、前壁に沿って所定距離前進、90度回転を行って隣の走行レーンに移動する。このように、作業ロボット100は、ターンと走行とを繰り返して開始位置P1から終了位置P2まで走行しながら対象領域の作業を行う。

[0113] 次に、作業対象領域に斜めの壁が存在する場合の動作について説明する。

図17は、作業ロボット100が横壁52に沿って前進しながら作業を行っている途中に、前方の斜め壁51に遭遇した場合の例を示している。この例は、前方の斜め壁51と横壁52との成す角度が鈍角である場合の例である。

[0114] 図17(a)は、作業ロボット100が横壁52に沿って前進している様子を示す図である。この図において、D1は走行アセンブリ1の回転中心Oから横壁52までの距離であって、前記センサ3bの測定距離Mbに、前記センサ3bの前記回転中心Oからの幅方向Xの離間距離を加えることにより算出される。前記側方距離測定手段3a, 3bによる測定は、所定の周期で繰り返し実行され、過去120回のデータが時系列で前記メモリ8

1に記憶される。また、走行アセンブリ1の走行距離データが、前記駆動モータ5a, 5bに接続されたエンコーダ(図示せず)により検出され、前記メモリ81に記憶される。

[0115] 図17(b)は、作業ロボット100が横壁52に沿って前進中に、前壁51が所定距離以内に近づいたことを検出し、走行停止した状態を示している。この図17(b)において、Wiは作業アセンブリ2の幅であり、Mcは左側の超音波式センサ3cによる測定距離であり、Mdは右側の超音波式センサ3cによる測定距離である。前記右側センサ3cの測定距離Mdの値が所定の閾値(走行停止限界距離SHd)以下となると、走行アセンブリ1は走行を停止する。このときの前記回転中心Oの位置を点Jとする。

この停止状態においては、前方の壁51は右側が走行アセンブリ1に近くなっているため、前記測定距離Mc, Mdの関係は、 $Mc > Md$ となる。そのため、前記CPU80

は、前方の壁51の右側が近くにあり、左側が遠くにあると判断する。CPU80は、前記測定距離McとMdとを比較して、McとMdとの差の絶対値が所定の別の閾値(傾き判別基準値SHa)よりも大きいか否かを判別する。前記測定距離McとMdとの差の絶対値が傾き判別基準値SHaよりも大きい(所定値の範囲外の場合)には、前壁の傾き角を測定するため、CPU80は回転中心Oを前記点Jの位置から動かさないようにして、走行アセンブリ1を時計回りに回転運動させる。

[0116] 図17(c)に示すように、走行アセンブリ1が時計回りに回転して、前記測定距離Mc, Mdの差の絶対値が、傾き判別基準値SHa以下(所定値の範囲内)になると、CPU80は、走行アセンブリ1と前方の斜め壁51とが概ね正対する向きになったと判断して、走行アセンブリ1の回転運動を停止させる。このときの走行アセンブリ1の回転角度 θ は、前記ジャイロセンサ7により測定され、前記メモリ81に記憶される。また、このときの前壁51までの距離D2が前記メモリ81に記憶される。

[0117] 図17(d)は、図17(c)の状態から、図17(a)の進行方向Yに対して走行アセンブリ1が90度回転して、作業アセンブリ2の右端部21cが、前壁51と横壁52との交点Cに接し、かつ、作業アセンブリ2の後端が横壁52に接する位置に移動した状態を示す。このときの前記回転中心Oの位置を点Bとする。

この状態から、作業ロボット100が所定距離前進することにより、図17(b)に示す状態で作業をやり残した隅部の床面に対する作業を行うことができる。

[0118] 図17(e)は、作業ロボット100が前壁51に沿った姿勢となり、前記点Cに作業アセンブリ2の右端部21eが接している状態を示す。この状態から、作業ロボット100が所定距離前進することにより、前壁51に沿って走行しながら作業を行うことができる。

[0119] 前記点Cの位置は、たとえば、下記の演算式により算出される。

図17(f)において、点Jの座標を(X_a , Y_a)、点Cの座標を(X_c , Y_c)、点Dの座標を(X_d , Y_d)とする。なお、点Dは、走行アセンブリ1のY軸方向の中心線 L_y が前壁51と交差する点である。

前記点CのX座標は、 $X_c = X_a + D1$

前記点DのY座標は、 $Y_d = Y_a + D2 / \cos \theta$

前記点CのY座標は、 $Y_c = Y_d - D1 \times \tan \theta$

$$=Y_a+D_2/\cos \theta -D_1 \times \tan \theta$$

- [0120] 上記の式から、点Cの座標(X_c , Y_c)は、点Jの座標 X_a , Y_a と、距離 D_1 , D_2 および回転角度 θ を用いて下記のように表せる。

$$X_c=X_a+D_1$$

$$Y_c=Y_a+D_2/\cos \theta -D_1 \times \tan \theta$$

従って、図17(d)の点Bの座標(X_b , Y_b)は、回転中心Oから作業アセンブリ2の後端までの距離 D_3 と、作業アセンブリの幅 W を用いて下記のように表せる。

$$X_b=X_c-D_3$$

$$=X_a+D_1-D_3 \quad \cdots (1)$$

$$Y_b=Y_c-W/2$$

$$=Y_a+D_2/\cos \theta -D_1 \times \tan \theta -W/2 \quad \cdots (2)$$

- [0121] 同様に、図17(e)に示す点Eの座標(X_e , Y_e)は、下記のように表せる。

$$X_e=X_c-(W/2) \times \sin \theta -D_3 \times \cos \theta$$

$$=X_a+D_1-(W/2) \times \sin \theta -D_3 \times \cos \theta \quad \cdots (3)$$

$$Y_e=Y_c-(W/2) \times \cos \theta +D_3 \times \sin \theta$$

$$=Y_a+D_2/\cos \theta -D_1 \times \tan \theta$$

$$-(W/2) \times \cos \theta +D_3 \times \sin \theta \quad \cdots (4)$$

上記の如く、点Jから点Bおよび点Eへ移動する為の、X軸方向、Y軸方向の移動距離が計算できる。したがって、作業アセンブリ2の右端部21eを前記点Cに接するように、作業ロボット100を自律的に移動させることができる。

- [0122] 図18(a)～(s)を参照して、作業ロボット100が横壁52に沿って作業しながら前進中に、前方に斜めの壁51が現れた場合の動作の流れを説明する。これらの図に示す例は、前方の斜め壁51と横壁52との成す角度が鈍角である場合の例である。

なお、図18においてハッチングを施している部分は、作業が済んでいる領域である。

- [0123] 図18(a)に示すように、作業ロボット100は横壁52に沿って作業しながら前進している。この時、紙面左右方向Xの障害物までの距離を測定する為の側方距離測定手段3a, 3bの過去120回の測定データが、測定時点の走行距離データと共に前記メ

メモリ81に記憶される。

- [0124] 図18(b)に示すように、前壁(前方障害物)51が現れたことを前方距離測定手段3c-3e, 17a-17eが検出すると、走行アセンブリ1は走行を停止する。そして、前記センサ3c, 3dの測定距離Mc, Mdを比較し、McとMdの差の絶対値が前記傾き判別基準値SHaよりも大きく、かつ、 $Mc > Md$ であることから、前方の障害物の右側が近く、かつ、左側が遠い斜めの壁であると判断し、更に、過去120回の側方距離測定手段3a, 3bの測定距離の履歴と、該測定距離を測定した時点の走行距離のデータとから走行アセンブリ1の右横に壁52が存在していると判別する。
- [0125] つぎに、図18(c)に示すように、走行アセンブリ1が右回りに回転動作しながら、前記左右のセンサ3c, 3dで前壁51までの距離を繰り返し測定し、前記左右のセンサ3c, 3dの測定距離Mc, Mdの値の差の絶対値が前記傾き判別基準値SHa以下になった時点で回転動作を停止する。
- [0126] 図18(d)では、前記CPU80が前述の(1)式および(2)式から、前記点B(図17(d))の座標を計算し、回転中心OのY座標が点BのY座標Ybに一致するまで走行アセンブリ1を後退させる。その後、図18(e)に示すように、作業アセンブリ2を走行アセンブリ1に対して左端までスライド移動させた状態で、走行アセンブリ1が反時計回りに角度($\theta + 90^\circ$)だけ回転する。続いて、図18(f)に示すように、回転中心OのX座標が、前記点BのX座標Xbに一致する地点まで後退する。この後退中に作業アセンブリ2の後端部に設けられた図示しない接触センサが横壁52に接触すると、走行アセンブリ1の後退が停止される。これにより、作業アセンブリ2の右端部21eが、前記点Cに接するまで作業アセンブリ2を移動させることができる。
- [0127] つぎに、図18(g)に示すように、作業ロボット100は作業アセンブリ2の幅Wに相当する距離だけ前進しながら作業を行う。これにより、隅部の一部分の作業が完了する。図18(h)では、CPU80は前述の(3)式および(4)式から、前記点E(図17(e))の座標を計算し、前記回転中心OのX座標が点EのX座標Xelに一致するまで走行アセンブリ1を後退させる。その後、図18(i)に示すように、作業アセンブリ2が走行アセンブリ1に対して左端までスライド移動した状態で、走行アセンブリ1が時計回りに90度回転する。続いて、図18(j)に示すように、回転中心OのY座標が点EのY座標Yelに

一致するまで前進しながら作業する。その後、図18(k)に示すように、走行アセンブリ1は、反時計回りに角度 θ だけ回転し前方の斜め壁51に沿った姿勢となる。

[0128] 図18(l)に示すように、作業ロボット100は斜め壁51に沿って作業をしながら所定距離前進する。これにより、隅部の残りの部分と前壁51沿いのスペースの一部の作業が完了する。つぎに、図18(m)に示すように、走行アセンブリ1が反時計回りに90度回転した後、作業アセンブリ2の後端が前壁51に接触するまで後退する。その後、図18(n)に示すように、作業ロボット100は作業をしながら所定距離前進する。

[0129] 続いて、図18(o)に示すように、走行アセンブリ1は反時計回りに90度旋回する。その後、図18(p)に示すように、作業ロボット100は作業をしながら所定距離前進する。つぎに、図18(q)に示すように、前記図18(a)で走行していたレーンの隣のレーンの中心位置に回転中心OのX座標が一致するまで後退する。ここで、図18(r)に示すように、走行アセンブリ1が時計回りに角度 $(90^\circ - \theta)$ だけ回転することで、走行アセンブリ1が前記図18(a)での進行方向と180度反対の方向に向く。その後、図18(s)に示すように、作業ロボット100は作業をしながら前進し、次のレーンの作業を行う。

このように、作業ロボット100は、斜めの壁が存在する場合でも、壁の隅部まで限なく作業することができる。

[0130] 次に、図19(a)～(l)を参照して、作業ロボット100が横壁から離れたレーンを作業しながらの前進中に、前方に斜めの壁51が現れた場合で、かつ、走行アセンブリ1に対して前方の斜め壁の作業開始位置P1側の距離が小さく、作業終了位置P2側の距離が大きい場合の動作の流れについて説明する。

[0131] 図19(a)～図19(b)のように、作業ロボット100は横壁52から離れたレーンを作業しながら前進し、前壁51を検出すると、走行を停止する。そして、CPU80が走行アセンブリ1の側方に横壁が存在するか否かを判別すると共に、前壁51の傾きが所定の角度以上であるかを判別する。

[0132] つぎに、図19(c)のように、走行アセンブリ1が時計回りに回転運動し、前壁51と概ね正対する向きになったところで、回転運動を停止する。続いて、図19(d)に示すように、走行アセンブリ1は反時計回りに90度回転することで、前方の斜め壁51に沿っ

た姿勢となる。

以後の動作の流れは、図19(e)ー図19(l)に示すように、横壁52に沿って作業する場合(図18(l)ー図18(s)参照)の動作と同様であるため、その説明を省略する。

[0133] 次に、図20(a)ー(l)を参照して、作業ロボット100が横壁から離れたレーンを作業しながらの前進中に、前方に斜めの壁51が現れた場合で、かつ、走行アセンブリ1に対して前方の斜め壁51の作業開始位置P1側の距離が大きく、作業終了位置P2側の距離が小さい場合の動作の流れについて説明する。

[0134] 図20(a)ー図20(b)のように、作業ロボット100は横壁52から離れたレーンを作業しながら前進し、前壁51を検出すると、走行を停止する。そして、CPU80が走行アセンブリ1の側方に横壁が存在するか否かを判別すると共に、前壁51の傾きが所定の角度以上であるかを判別した後、作業ロボット100は、前記図19(a)ー(e)に示す動作とは若干異なる動作を行う。

[0135] 図20(c)に示すように、走行アセンブリ1が反時計回りに回転運動しながら、前記左右のセンサ3c、3dで前壁51までの距離を繰り返し測定し、前記左右のセンサ3c、3dの測定距離Mc、Mdの値の差の絶対値が前記傾き判別基準値SHa以下になった時に回転運動を停止する。続いて、図20(d)に示すように、走行アセンブリ1は反時計回りに90度回転することで、前壁51に沿った姿勢となる。その後、図20(e)に示すように、作業ロボット100は、前記斜め壁51に沿って作業をしながら所定距離前進する。これにより、前方斜め壁51沿いのスペースの一部の作業が完了する。

[0136] その後、図20(f)に示すように、走行アセンブリ1は、反時計回りに90度回転した後、作業アセンブリ2の後端が前壁51に接触するまで後退する。その後、図20(g)に示すように、作業ロボット100は作業をしながら所定距離前進する。

[0137] 続いて、図20(h)に示すように、前記図20(a)で走行していたレーンの隣のレーンの中心位置に回転中心OのX座標が一致するまでロボットは後退する。ここで、図20(i)に示すように、走行アセンブリ1が時計回りに角度 θ だけ回転することで、走行アセンブリ1が前記図20(a)での進行方向と180度反対の方向を向く。その後、図20(j)に示すように、作業ロボット100は作業をしながら前進し次のレーンの作業を行う。

[0138] 次に、図21(a)ー(n)を参照して、作業ロボット100が横壁に沿って作業しながら前

進中に、前方に斜めの壁51が現れた場合の作業の流れを説明する。ただし、前方の斜め壁51と横壁52との成す角度が鋭角である場合の例である。

[0139] 図21(a)に示すように、作業ロボット100は横壁52に沿って作業しながら前進している。この時、紙面左右方向Xの障害物までの距離を測定する為の側方距離測定手段3a, 3bの過去120回の測定データが、測定時点の走行距離データと共に前記メモリ81に記憶される。

[0140] 図21(b)に示すように、前方に障害物51が現れたことを前方距離測定手段3c〜3e, 17a〜17eが検出すると、走行アセンブリ1は走行を停止する。そして、前記センサ3c, 3dの測定距離Mc, Mdを比較し、McとMdの差の絶対値が前記傾き判別基準値SHaよりも大きく、かつ、 $Mc < Md$ であることから、前方の障害物51の右側が遠く、かつ、左側が近い斜めの壁であると判断し、かつ、過去120回の側方距離測定手段3a, 3bによる測定距離の履歴と、該測定距離を測定した時点の走行距離のデータとから走行アセンブリ1の右横に壁52が存在していると判別する。

[0141] つぎに、図21(c)に示すように、走行アセンブリ1が反時計回りに90度回転する。その後、作業アセンブリ2の後端が横壁52に接触するまでロボットが後退する。この後退後、図21(d)に示すように、作業ロボット100は、作業を行いながら前進し、前壁51を再び検出して走行を停止する。図21(e)に示すように、走行アセンブリ1は、再度、作業アセンブリ2の後端が横壁52に接触するまで後退する。その後、作業アセンブリ2の右端部21が前壁51に接触するまで、作業アセンブリ2が走行アセンブリ1に対して右方向に移動する。その後、図21(f)に示すように、作業ロボット100は作業を行いながら前進する。この走行中、作業アセンブリ2は前壁51に沿って徐々に左方向に移動するように制御される。作業ロボット100は、再度前壁51を検出するまで走行する。

[0142] 前壁51を検出し停止した状態から、図21(g)に示すように、作業アセンブリ2が走行アセンブリ1に対して左端まで移動した後、作業ロボット100は時計回りに90度回転する。この状態から、図21(h)に示すように、走行アセンブリ1が反時計回りに90度回転したと仮定して、作業アセンブリ2が走行アセンブリ1に対して右端まで移動した場合に、前壁51に作業アセンブリ2の右端部21が接する位置を計算し、当該算出

した位置まで後退する。その後、図21 (i) に示すように、走行アセンブリ1が反時計回りに90度回転して、作業アセンブリ2の右端部21eが前壁51に接触するまで作業アセンブリ2を走行アセンブリ1に対して右方向に移動させる。

[0143] その後、図21 (j) に示すように、作業ロボット100は作業を行いながら前進し、前壁51を検出した時点で停止する。この走行中、作業アセンブリ2は前壁51に沿って徐々に左方向に移動するように制御される。

[0144] つぎに、図21 (k) に示すように、走行アセンブリ1は時計回りに回転しながら、前方の左右のセンサ3c, 3dにより前壁51までの距離を繰り返し測定し、センサ3c, 3dの測定距離Mc, Mdの値の差の絶対値が傾き判別基準値SHa以下になった時点で回転を停止する。続いて、図21 (l) に示すように、走行アセンブリ1が反時計回りに90度回転して前方向の斜め壁51に作業アセンブリ2が接触した後、図21 (m) に示すように、作業アセンブリ2の後端が横壁52に接触するまで後退する。そして、図21 (n) に示すように、作業ロボット100は斜め壁51に沿って、作業をしながら所定距離前進する。これにより、前方の斜め壁51沿いのスペースの一部の作業が完了する。以後の動作は、前述した図20 (f) - 図20 (j) と同様の動作を行って作業ロボット100は次のレーンに移る。

[0145] ところで、図22 (a) に示すように、実際にはロボットが斜め壁51に正対する向きにあっても、右側の超音波センサ3dが誤って横壁52を検出し、そのため、左右のセンサ3c, 3dの測定距離Mc, Mdが近い値にならなかつたり、あるいは、超音波センサ3dから出射された超音波の反射波が帰ってこず、距離が測定できないという場合が生ずる。この場合、図22 (a) の状態では、走行アセンブリ1が回転を停止せず、図22 (b) に示すように、右側の超音波センサ3dの測定距離Mdと、左側の超音波距離センサ3cの測定距離Mcとが、ほぼ等しい値になった時に回転を停止し、その時の回転角度 θ を、斜め壁51の傾き角度であると誤って認識する。この認識は、以後の動作の誤りを招く。

[0146] そこで、こういった不具合を解消するため、走行アセンブリ1が横壁52に沿って走行している場合は、斜め壁51の傾き角度を計測する前に、前記回転動作の回転中心Oを横壁52から離れる方向に所定距離移動させるように制御する。すなわち、図22 (

c)に示すように、回転中心Oを点Jの位置から、横壁52から離れたF点の位置に移動させることによって、図22(d)に示すように、右側の超音波センサ3dが横壁52までの距離を測定することなく、斜め壁51と正対した状態で、角度 θ を正確に測定することが可能になる。

[0147] かかる動作の具体例を、図23(a)～(k)を参照して説明する。

図23(a)～図23(b)の動作については、前述した図18(a)～図18(b)の動作と同様であるので説明を省略する。図23(c)に示すように、走行アセンブリ1が時計回りに90度回転する。続いて、図23(d)に示すように、走行アセンブリ1が横壁52から離れる方向に所定距離後退すると共に、この時の移動距離D4が記憶される。この後退後、図23(e)に示すように、走行アセンブリ1が反時計回りに90度回転する。そして、図23(f)に示すように、作業ロボット100は作業を行いながら前進し、前方に障害物を検出した時点で走行を停止する。

[0148] つぎに、図23(g)に示すように、走行アセンブリ1が時計回りに回転して、前方の斜め壁の傾き角度 θ が記憶される。図23(h)に示すように、走行アセンブリ1が反時計回りに前記角度 θ だけ回転して前記図23(f)の進行方向Yと同じ方向に戻る。図23(i)ではCPUが、後述する(5)式および(6)式から、点B(図17(d))の座標を計算し、回転中心OのY座標が点BのY座標Ybに一致するまでロボットが後退する。そして、図23(j)に示すように、走行アセンブリ1は反時計回りに90度回転した後、図23(k)に示すように、回転中心OのX座標が点BのX座標Xbに一致するまで後退する。この後退中に、作業アセンブリ2の後端が横壁52に接触し、この接触したときに後退を停止する。これにより、作業アセンブリ2の右側の端部21eを前記点Cに接する位置に移動させることができる。以後、前記図18(g)～図18(s)に示す動作と同様にして、作業ロボット100は次のレーンに移る。

[0149] 前記点Bの座標は、たとえば、下記の演算式から算出される。図22(c)および図22(d)において、

点Cの座標を(X_c , Y_c)、点Dの座標を(X_d , Y_d)、点Fの座標を(X_f , Y_f)とする。

点CのX座標は、 $X_c = X_a + D1 = X_f + D4 + D1$

点DのY座標は、 $Y_d = Y_f + D2 / \cos \theta$

$$\begin{aligned} \text{点CのY座標は、} Y_c &= Y_d - (D_1 + D_4) \times \tan \theta \\ &= Y_f + D_2 / \cos \theta - (D_1 + D_4) \times \tan \theta \end{aligned}$$

- [0150] 上記の如く、点Cの座標(X_c , Y_c)は、点Fの座標(X_f , Y_f)と、 D_1 、 D_2 、 D_4 、 θ を用いて下記のように表せる。

$$X_c = X_f + D_4 + D_1$$

$$Y_c = Y_f + D_2 / \cos \theta - (D_1 + D_4) \times \tan \theta$$

- [0151] 従って図17(d)の点Bの座標(X_b , Y_b)は、回転中心Oから作業アセンブリ2の後端までの距離 D_3 と、作業アセンブリ2の幅 W を用いて下記のように表せる。

$$X_b = X_c - D_3 = X_f + D_4 + D_1 - D_3 \quad \cdots (5)$$

$$Y_b = Y_c - W / 2$$

$$= Y_f + D_2 / \cos \theta - (D_1 + D_4) \times \tan \theta - W / 2 \quad \cdots (6)$$

- [0152] なお、前記複数の超音波センサ3a～3eは、超音波の干渉を避けるため、一つずつ所定の時間間隔を空けて、所定の順序で測定されるのが好ましい。

- [0153] ところで、超音波センサは、超音波を発射してから障害物で反射された反射波が戻ってくるまでの時間を計測することにより障害物までの距離を測定するものである。したがって、障害物の傾斜が大きくなると、超音波センサに反射波が戻ってこず、測定ができない場合がある。そのため、超音波センサだけでは、傾斜の小さい障害物しか検出することができない。

- [0154] そこで、本発明では、超音波センサ3a～3eに加え、光学式センサ17a～17eを設けている(図24(a)参照)。光学式センサは、一般に測定対象の面が鏡面でなく拡散面であれば、散乱反射された光の一部を検出することができ、したがって、傾斜の大きい障害物であっても距離を測定することができる。

- [0155] これにより、たとえば、図24(a)に示すように、障害物51が作業ロボット100の進行方向Yに対して大きく傾斜している場合でも、光学式センサ17a～17eの検出により測定することができるから、障害物の検出精度を向上させることができる。

したがって、例えば、右側の超音波センサ3dが障害物51を検出せず、かつ、右側の光学センサ17cが障害物51を検出している場合は、ロボットの右側に斜め壁51が存在すると判断することも可能である。

- [0156] また、真正面の前方を測定する光学式センサと所定の角度傾けた光学式センサとの測定値を比較することにより、壁の傾きの大きさを、ある程度認識することができる。そのため壁が非常に大きく傾いている場合は、その壁を横壁と見なす等の、より高度な処理を行うことができる(図24(a)と図24(b)の差が分かる)。
- [0157] また、図24(b)のように、壁51, 52の傾斜が小さい場合には、前記超音波式センサ3c-3eが障害物51, 52を検出し、かつ、前記光学式センサ17b, 17dが障害物51を検出する。この場合、当該障害物51, 52の前記走行アセンブリの進行方向に対する傾きが所定の傾き角度よりも小さいと判断される。一方、図24(a)のように、壁51, 52の傾斜が大きい場合には、前記超音波式センサ3c-3eが障害物51, 52を検出せず、かつ、前記光学式センサ17dが障害物51, 52を検出する。この場合は、当該障害物51, 52の前記走行アセンブリの進行方向に対する傾きが所定の傾き角度よりも大きいと判断される。
- [0158] さらに、ロボットの左右のそれぞれに超音波センサおよび／または光学センサの双方を有することにより、ロボットが隅部に向かって走行しているか否かについても検出することが可能である。ロボットが隅部に向かって走行していることが検出された場合は、ロボットがいずれか一方の壁に沿うようにロボットの姿勢を変更してもよい。
- [0159] ところで、前記実施例では、側方距離測定手段によって測定された複数の測定値からなる履歴に基づいて、走行アセンブリが横壁に沿って走行しているか否かについて判別した。しかし、この判別のための測定値は、測定手段を複数ないし多数設けて得るようにしてもよい。
- また、測定距離の差が傾き判別基準値SHaよりも大きいかな否かにより、前方の障害物の傾きを判別した。しかし、この判別は図17(b), (c)の測定距離Mc, Mdの比率(Mc/Md または Md/Mc)で行うことが可能である。前記判別が前記比率で行われるロボットにおいては、図17(c)のように、当該比率が1.0に近い値の場合は、つまり、前記比率が所定範囲内である場合は、障害物51の傾きが小さいと判断され、一方、図17(b)のように、当該比率が1.0に近くない場合は、つまり、前記比率が所定範囲外である場合は障害物51の傾きが大きいと判断される。すなわち、この判別は測定距離の比が所定範囲内であるかな否かにより行われてもよい。

[0160] ところで、前方距離測定手段および／または側方距離測定手段の各センサの個数および配置は前記実施例に限定されず、適宜設定されることができる。また、隅部での動作制御で用いる演算式は、前記のものに限られず、他の制御方法であってもよい。

[0161] 以上のとおり、図面を参照しながら好適な実施例を説明したが、当業者であれば、本明細書を見て、自明な範囲で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。

たとえば、車輪の構造には自在キャスタを採用してもよい。ロボットは液剤の塗布などを行うものでもよい。

したがって、そのような変更および修正は、請求の範囲から定まる本発明の範囲内のものと解釈される。

産業上の利用可能性

[0162] 本発明のロボットは、自走しながら種々の作業を行うロボットに利用できる。

請求の範囲

- [1] 前方の障害物までの距離を測定する第1距離センサと、斜め前方の障害物までの距離を測定する第2距離センサとを備えた自走式の作業ロボットにおいて、
前記第1距離センサにより測定した障害物までの第1測定距離と、所定の第1閾値SHcとを比較して障害物の接近を判別する第1判別手段と、
前記第2距離センサにより測定した障害物までの第2測定距離と、所定の第2閾値SHrとを比較して障害物の接近を判別する第2判別手段と、
前記第1および第2測定距離から得られる前記障害物の傾斜角に関する情報に基づいて、前記第1もしくは第2閾値を変更する変更手段とを備えた自走式作業ロボット。
- [2] 請求項1において、前記傾斜角の大小にかかわらず前記第1判別手段による前記障害物が接近したか否かの判別結果と、前記第2判別手段による前記障害物が接近したか否かの判別結果とを得て、前記2つの判別結果のうち、いずれか一方が接近したと判別した時に、前記ロボットが前記障害物に接近したと断定する自走式作業ロボット。
- [3] 請求項1において、前記傾斜角が大きくなる程、前記第1もしくは第2閾値SHc, SHrが大きくなるように前記第1もしくは第2閾値SHc, SHrを前記変更手段が設定する自走式作業ロボット。
- [4] 請求項1において、前記第1および第2距離センサが互いに近接して配置されている自走式作業ロボット。
- [5] 請求項1ないし3のいずれか1項において、前記第1および第2距離センサの配置と、前記第1および第2距離センサからの光の放射方向と、前記第1および第2測定距離とに基づいて、前記傾斜角に関する情報を得るようにした自走式作業ロボット。
- [6] 請求項1において、前記第1および第2距離センサは光学式の距離センサからなり、
前記第1距離センサは前記ロボットの左右の中央の先頭部分に設けられ、
前記第2距離センサは第1距離センサの両側に近接して一対設けられ、
前記光学式の第1および第2距離センサの他に、前記ロボットの前端の両側部に前

方の障害物までの距離を測定する超音波式の距離センサが設けられている自走式作業ロボット。

- [7] 請求項1において、前記第1および第2距離センサは光学式の距離センサからなり

、
前記第1距離センサはロボットの左右の中央の先頭部分に設けられ、
前記第2距離センサは第1距離センサの両側に近接して一対設けられ、
前記ロボットの先頭部分には保護カバーが設けられ、該保護カバーは前記3つのセンサが近接対向する3つの側面および天井面を持つ凹部を有し、
前記天井面に対向する内側の位置に前方の斜め下方までの距離を測定する第3の距離センサが配置されている自走式作業ロボット。

- [8] 請求項1において、床面を自走するための車輪を有する走行アセンブリと、

前記走行アセンブリに対し左右に移動可能に取り付けられ、前記床に対する作業を行う作業アセンブリと、

前記走行アセンブリと前記作業アセンブリとの位置関係を変更すべく、前記作業アセンブリを前記走行アセンブリに対して移動させる移動機構と、

前記作業アセンブリに設けられ、前記作業アセンブリの前面に障害物が接触したのを検知する第1の接触センサと、

前記作業アセンブリに設けられ、前記作業アセンブリの側面に障害物が接触したのを検知する第2の接触センサと、

前記走行アセンブリの走行を制御すると共に、前記第1の接触センサの検知信号に基づいて、第1の退避速度で前記作業アセンブリを左右に移動させるよう前記移動機構を制御し、前記第2の接触センサの検知信号に基づいて第1の退避速度よりも低速の第2の退避速度で前記作業アセンブリを左右に移動させるよう前記移動機構を制御する制御手段とを更に備えた自走式作業ロボット。

- [9] 請求項8において、さらに、

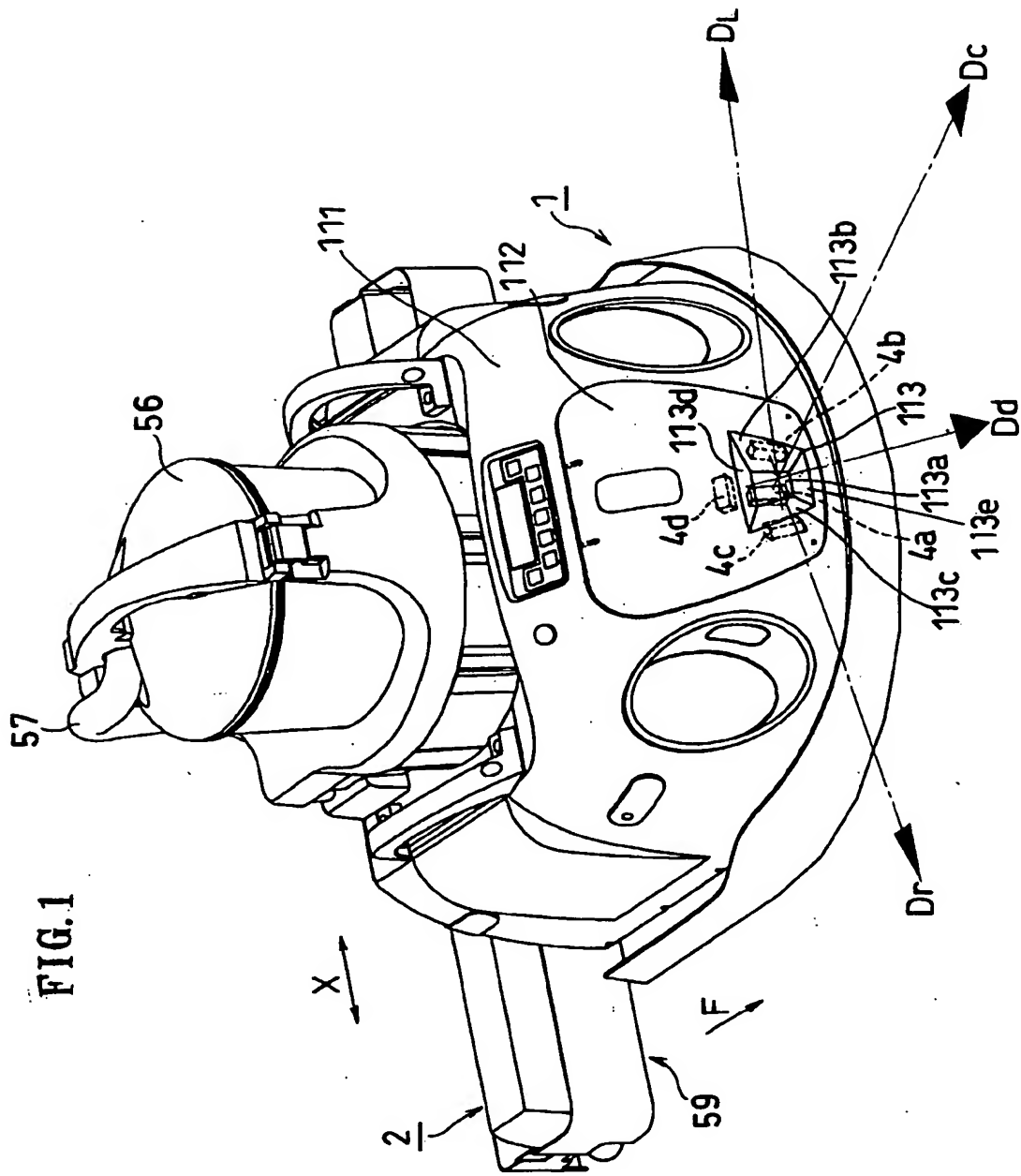
前記制御手段は、第1の接触センサによる接触検知の時間が所定の時間Hよりも長い場合は、走行を停止させる機能を有する自走式作業ロボット。

- [10] 請求項9において、さらに、

前記所定の時間Hは、走行速度が速い時には小さい値に設定され、走行速度が遅い場合には大きい値に設定される自走式作業ロボット。

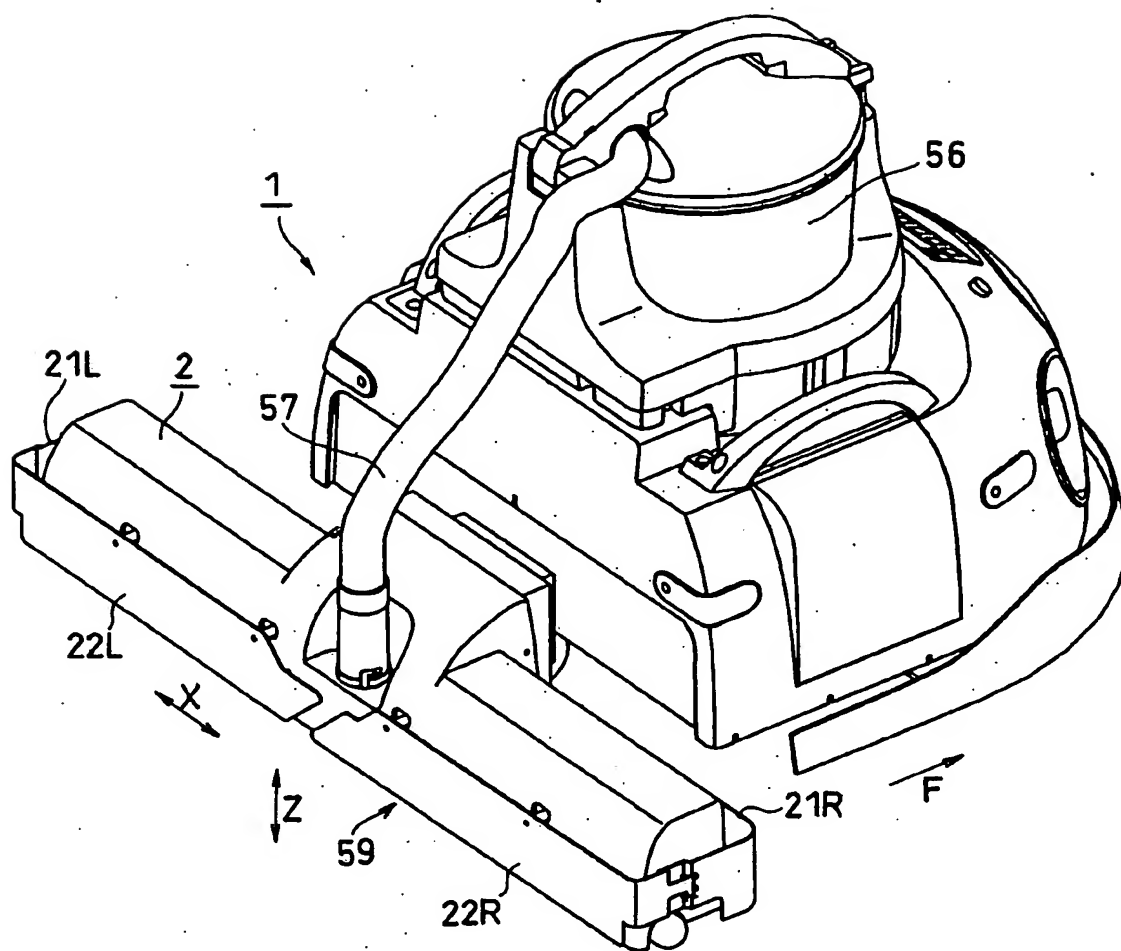
- [11] 請求項1において、床面に対して鉛直線のまわりに回転可能な走行アセンブリと、
前記走行アセンブリの前方または後方に取り付けられ、床面に対して作業を行う作業アセンブリと、
前記鉛直線のまわりの前記走行アセンブリの回転角度を測定する回転角度測定手段と、
前記回転角度を記憶する記憶手段と、
前記走行アセンブリの幅方向に互いに離間して設けられ、前記走行アセンブリの進行方向にある障害物までの距離を測定する複数の前方距離測定手段と、
前記走行アセンブリの進行方向に対して側方にある障害物までの距離を測定する側方距離測定手段と、
前記側方距離測定手段によって測定された複数の測定値に基づいて、前記走行アセンブリが横壁に沿って走行しているか否かを判別する判別手段と、
前記走行アセンブリの走行動作を制御する制御手段とを更に備え、
前記制御手段は、前記複数の前方距離測定手段の少なくとも一つの測定値が、所定の走行停止限界距離SHd以下となった場合に、走行アセンブリが前方の障害物に近接していると判断して前記走行アセンブリの走行を停止させると共に、前記複数の前方距離測定手段の測定値を比較して、当該障害物の面までの測定距離の差もしくは比が所定範囲内か否かを判別し、前記測定距離の差もしくは比が前記所定範囲外であると判別した場合には、前記測定距離の差もしくは比が前記所定範囲内になるまで前記走行アセンブリを前記鉛直線のまわりに回転動作させると共に、前記所定範囲内となった時点の走行アセンブリの回転角度を前記記憶手段に記憶させ、
前記判別手段により、前記回転動作を行うまでの前記走行アセンブリの走行が横壁に沿った走行であったと判別された場合には、前記横壁と前方の障害物とによって形成される隅部に対して作業を行った後、前記記憶手段に記憶されている前記回転角度に基づいて前方の障害物に沿って走行するように前記制御手段が前記走行アセンブリの走行動作を制御する自走式作業ロボット。

[ 1]

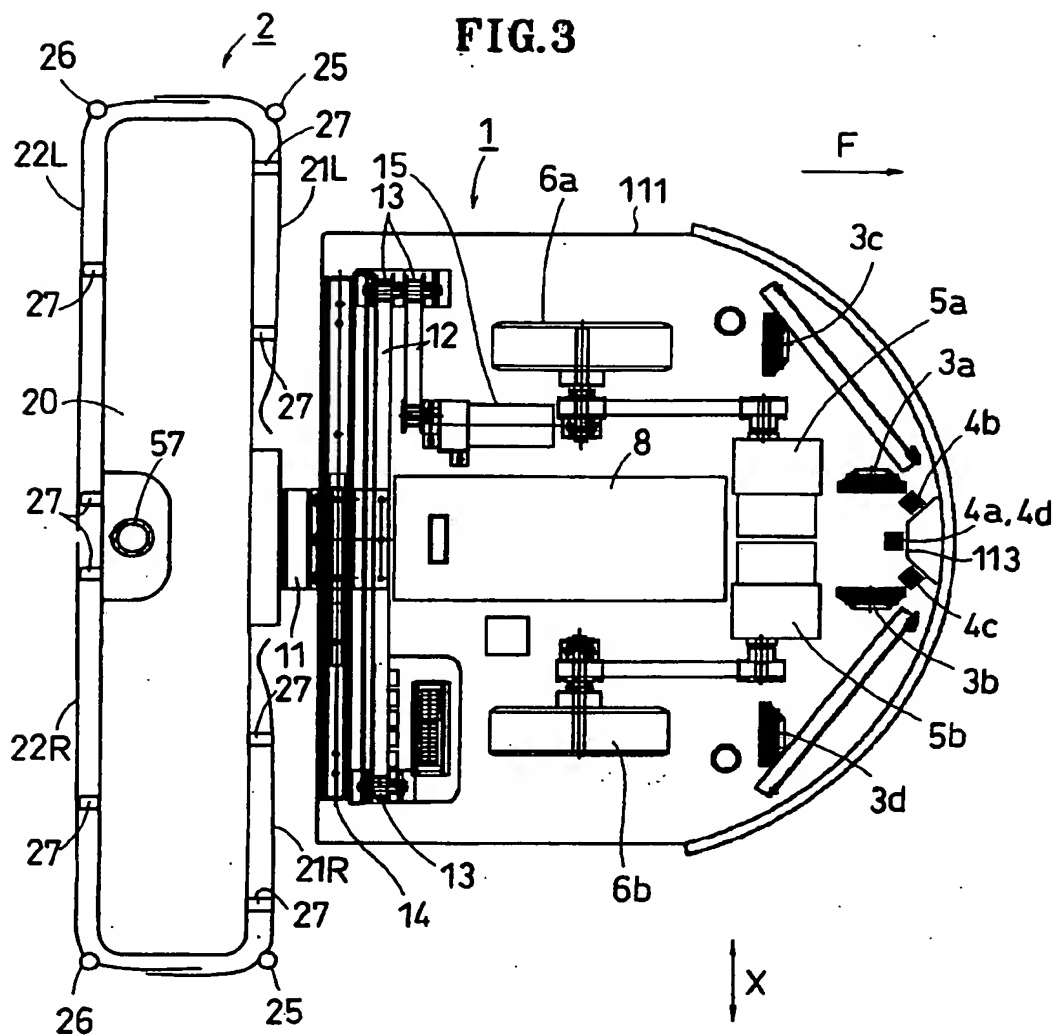


[図2]

FIG.2

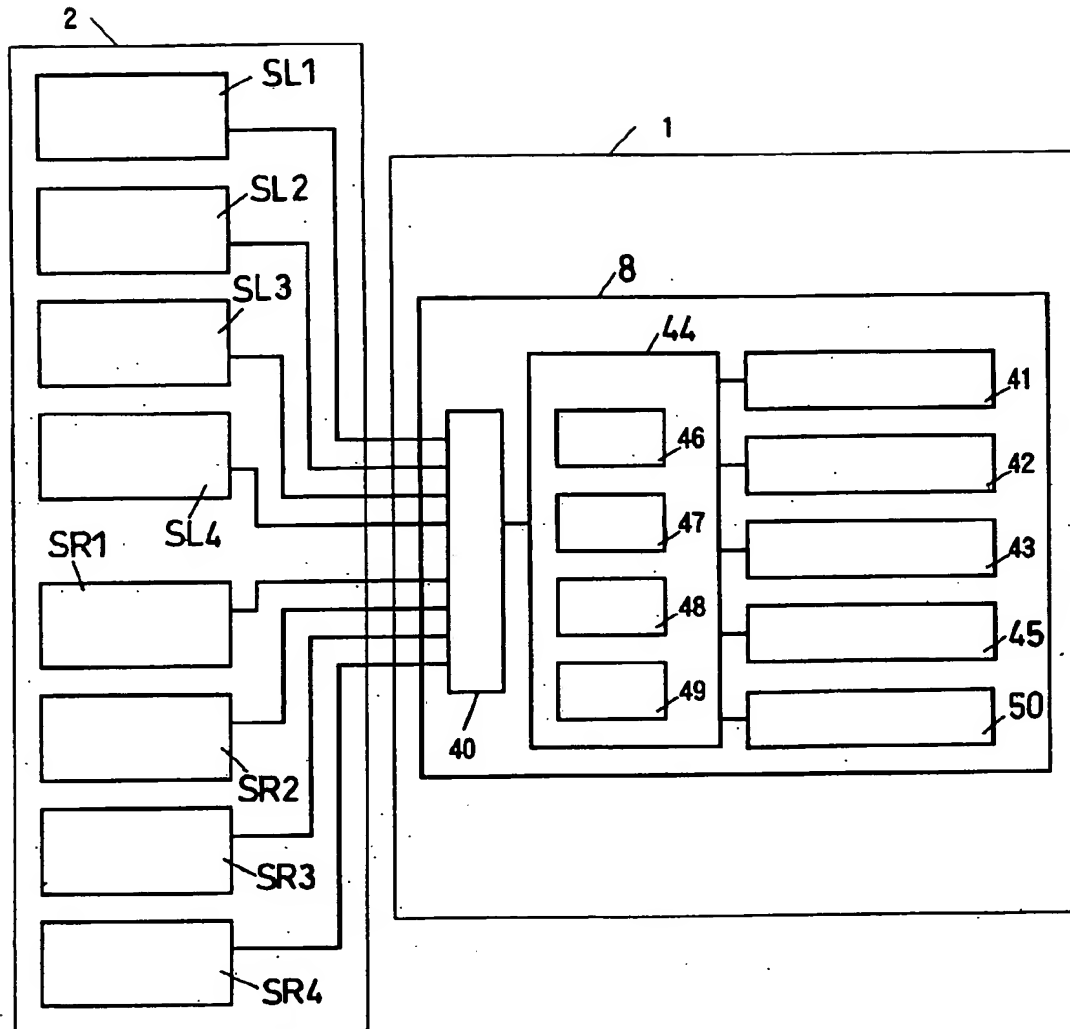


[図3]



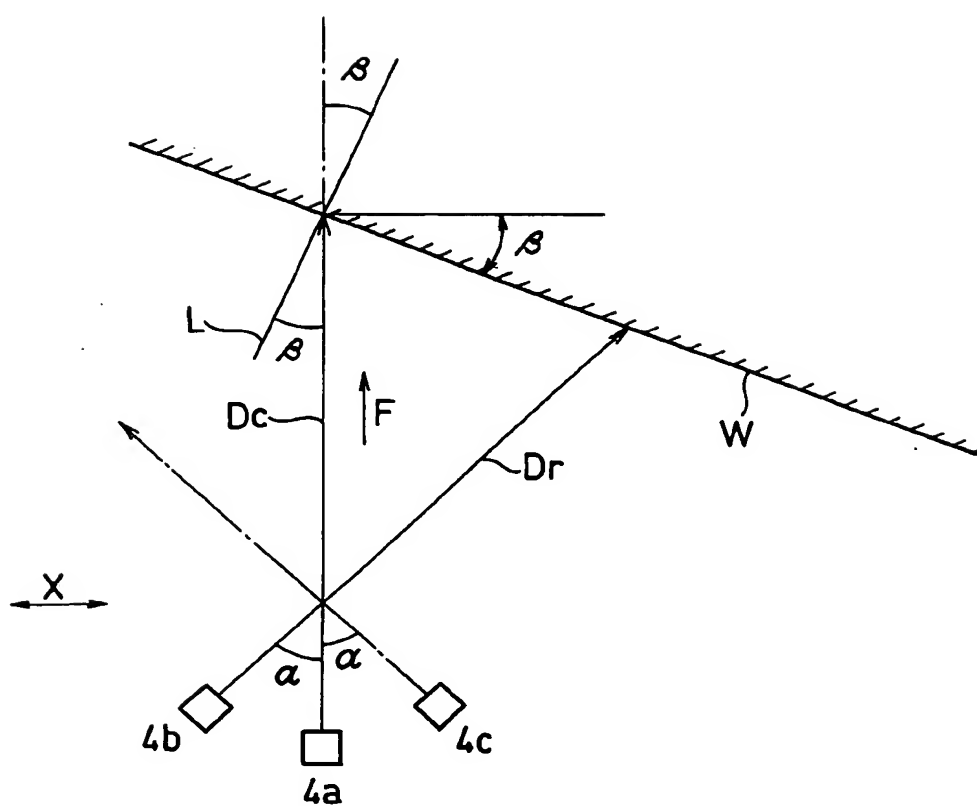
[図4]

FIG. 4



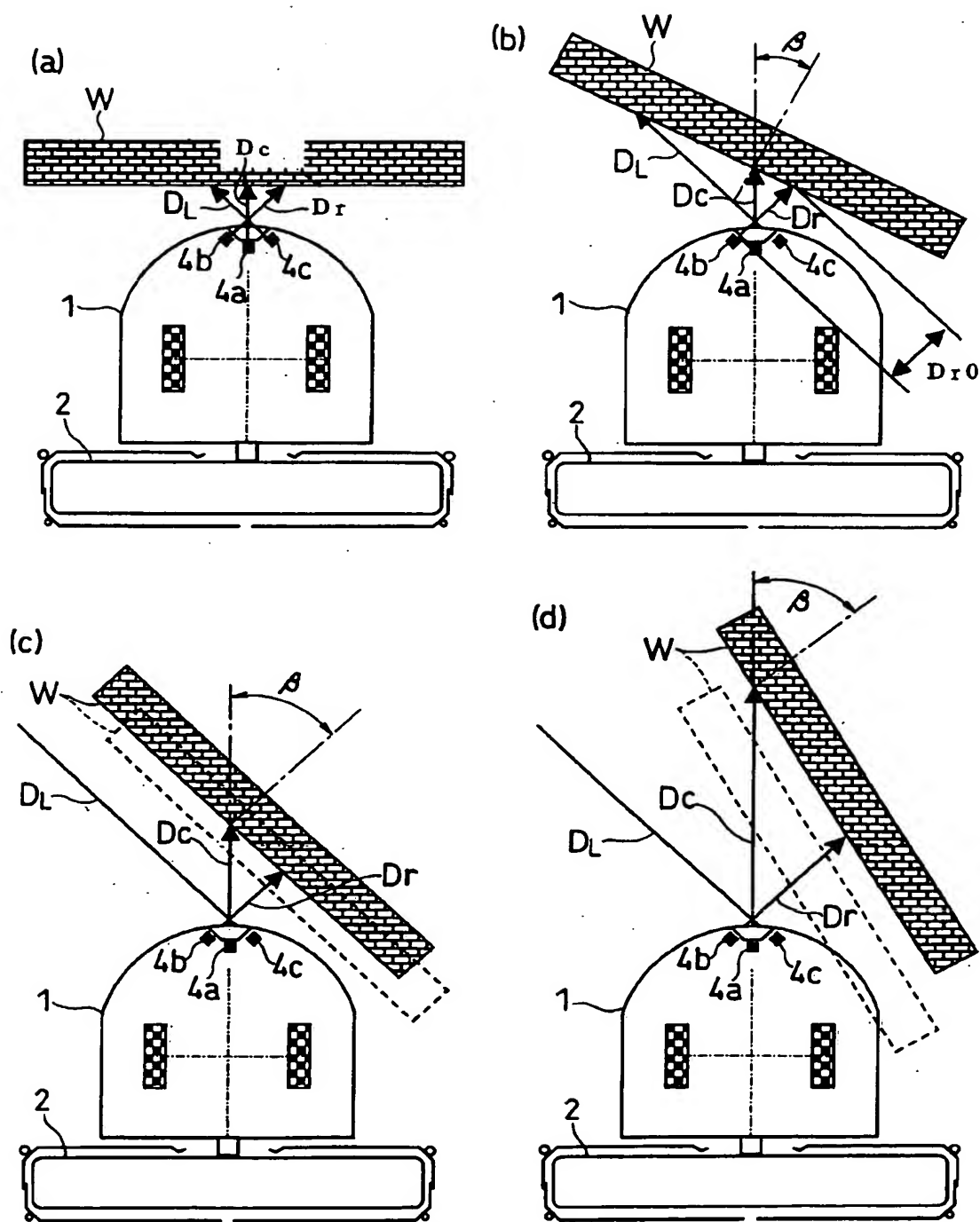
[図5]

FIG. 5

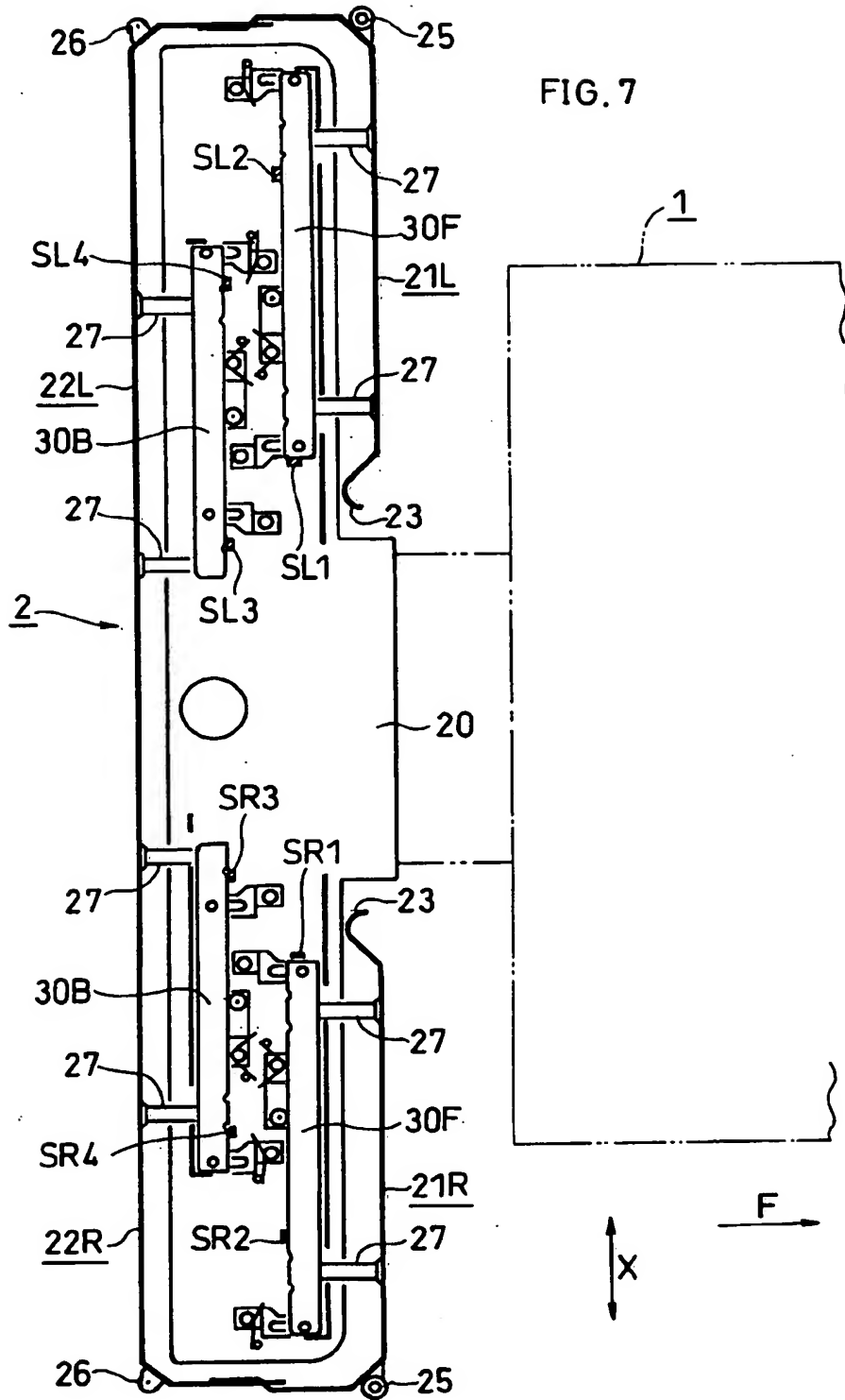


[図6]

FIG. 6

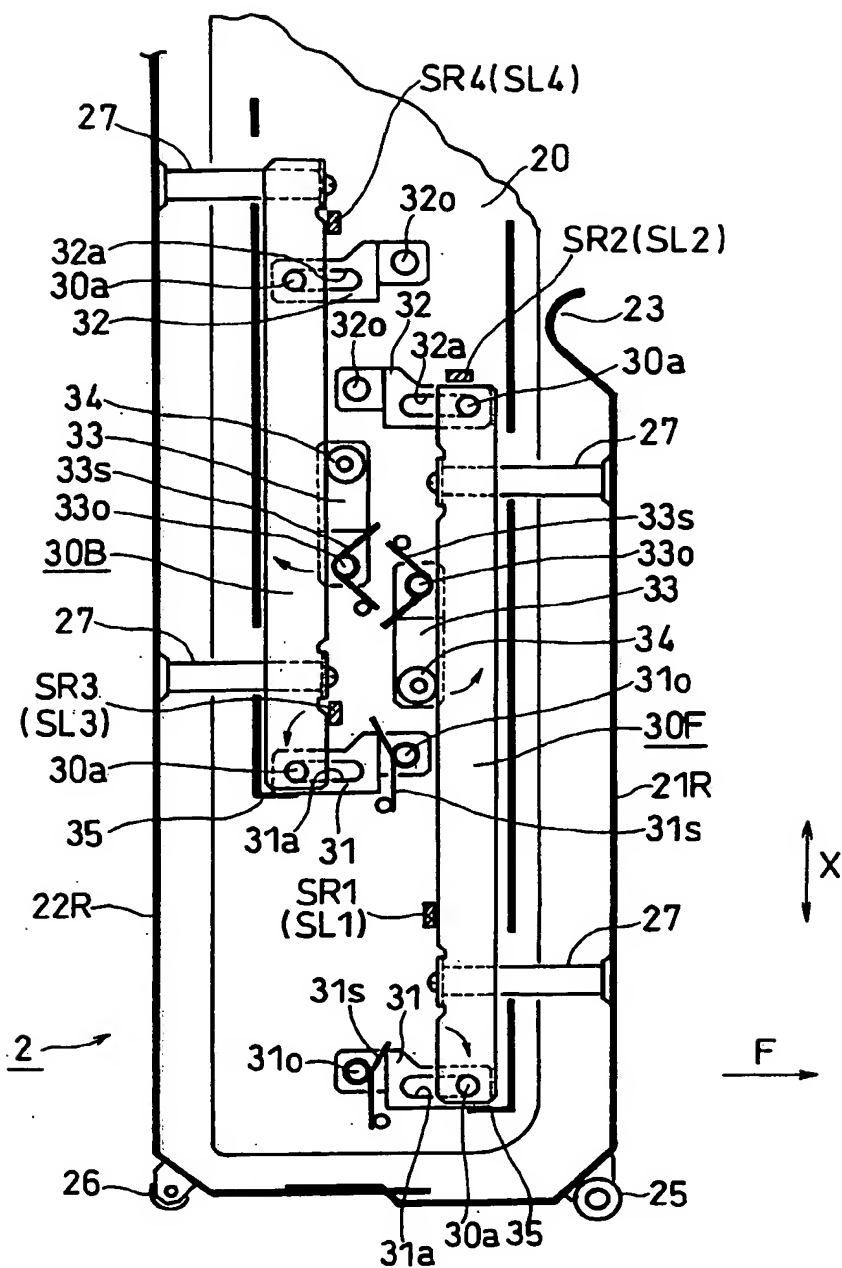


[図7]

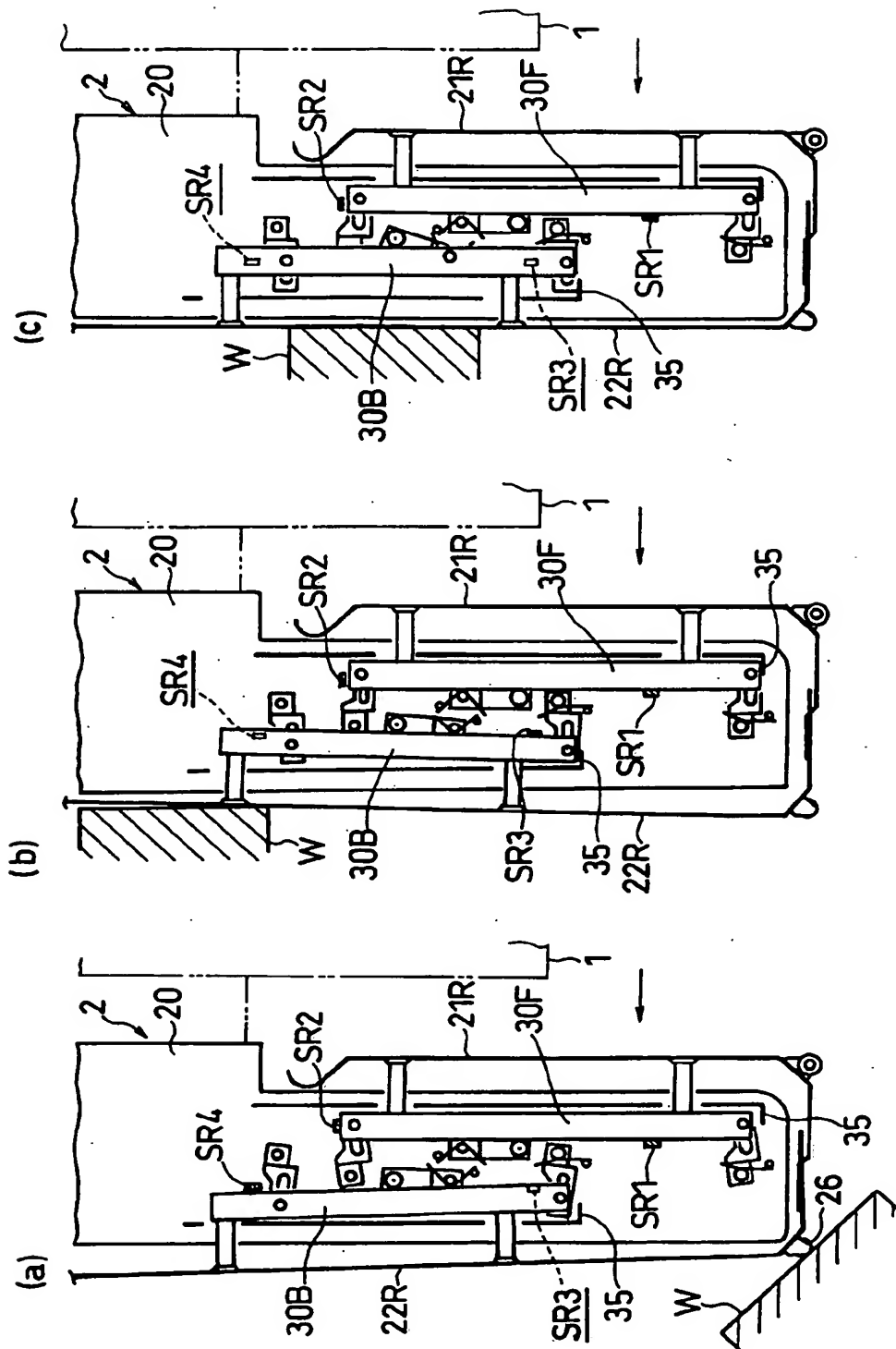


[図8]

FIG. 8

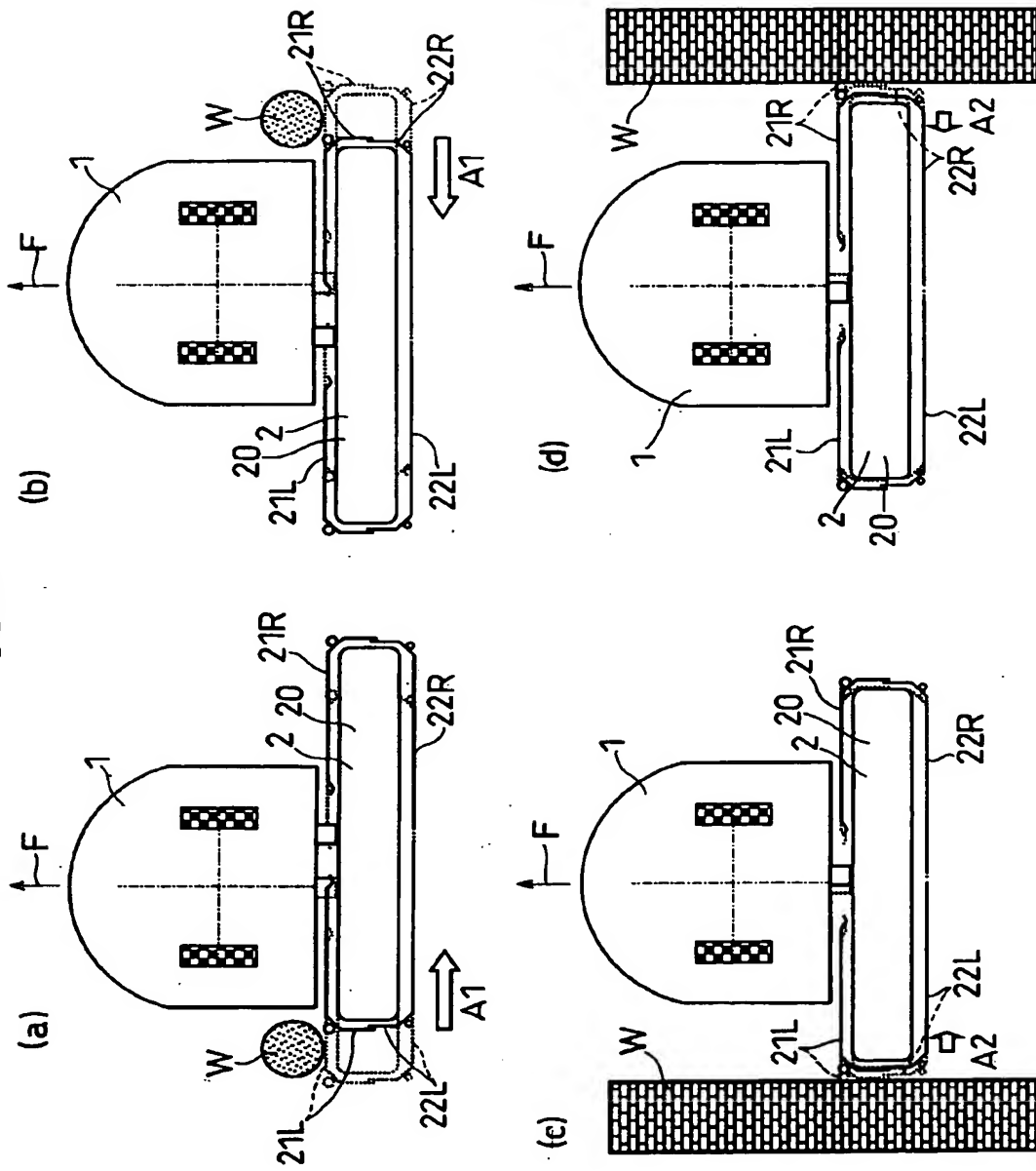


[図10]



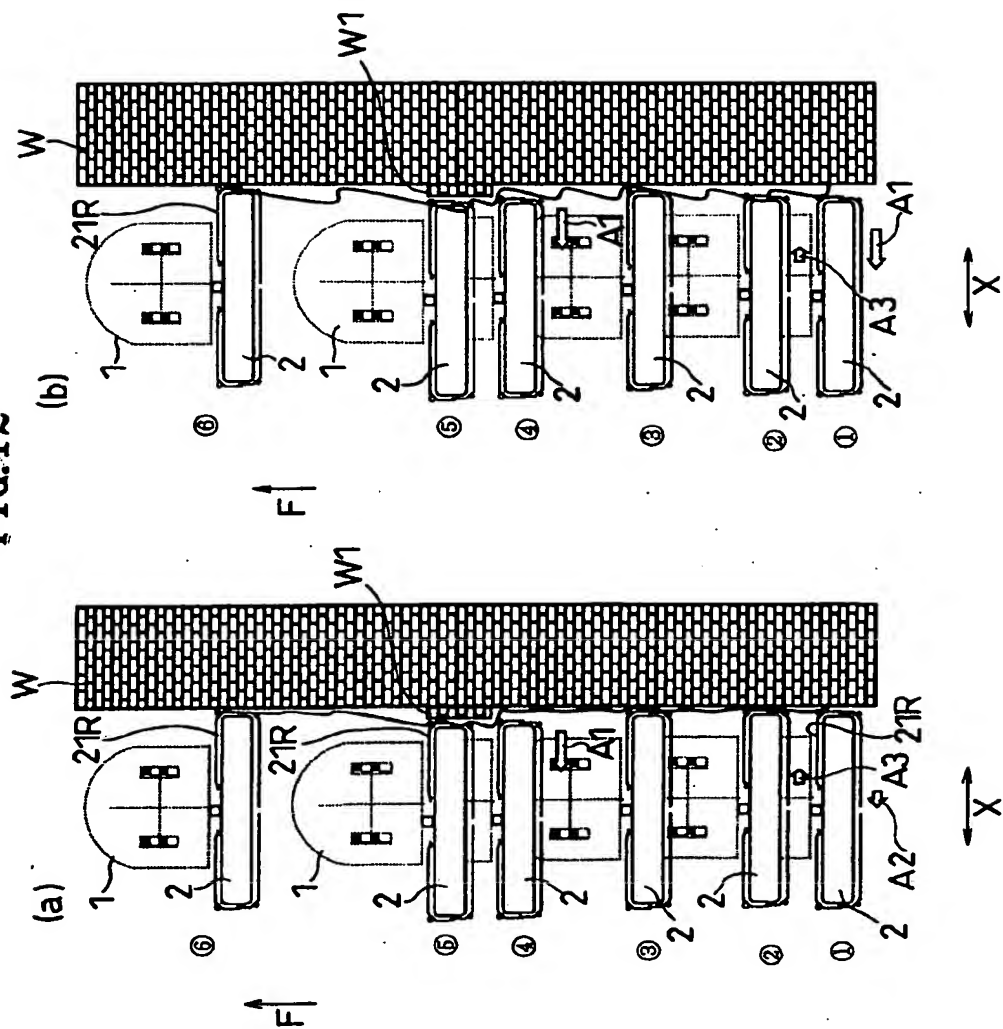
[FIG.11]

FIG.11



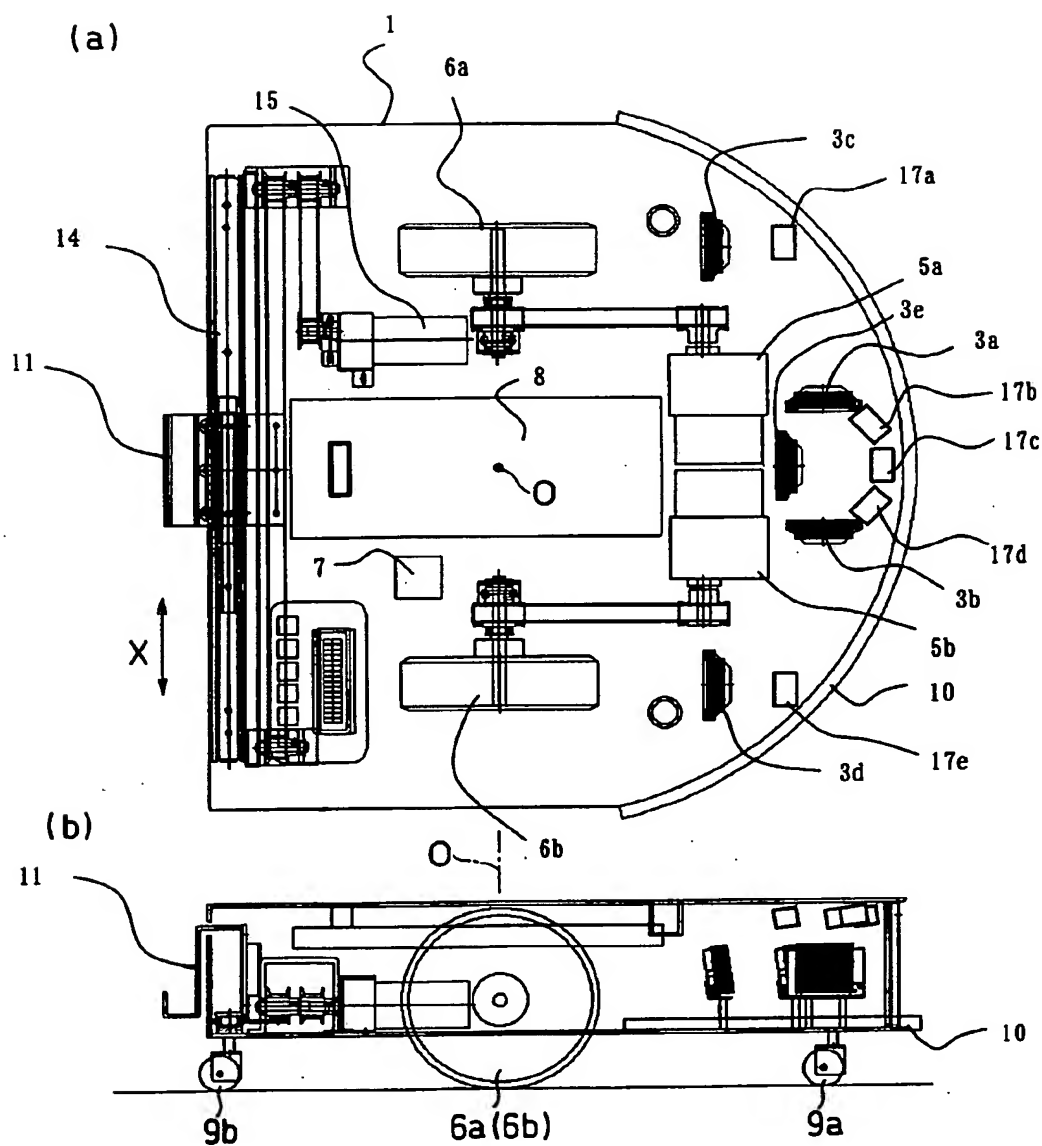
[図12]

FIG. 12



[図14]

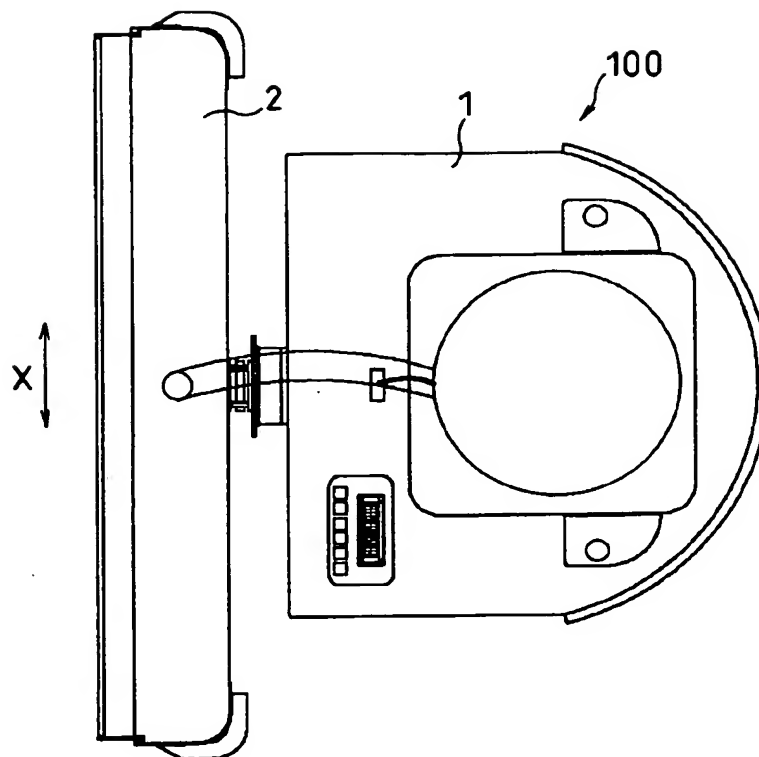
FIG.14



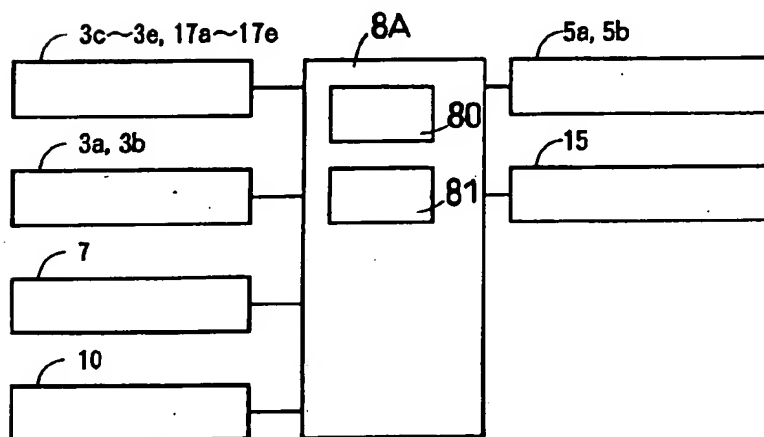
[図15]

FIG.15

(a)

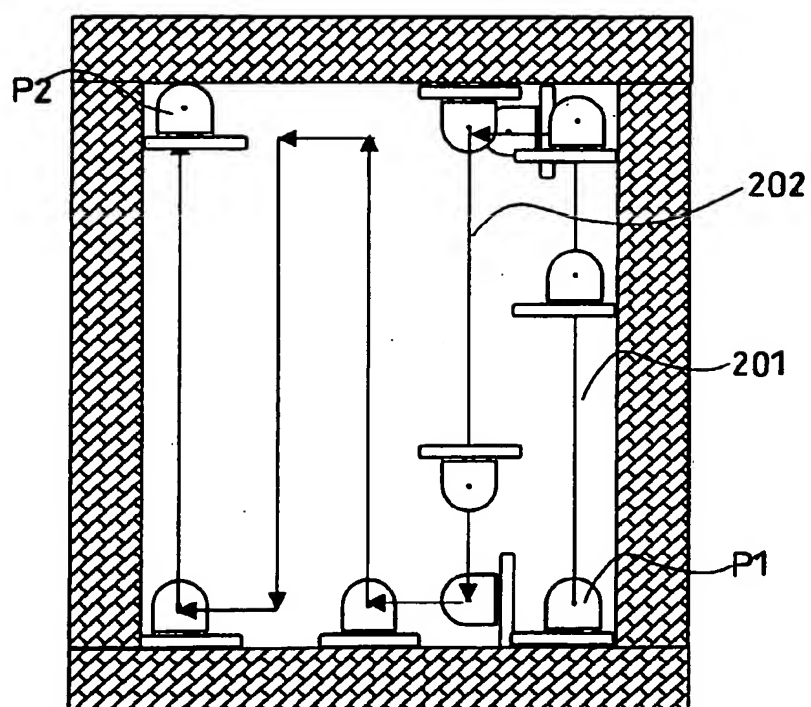


(b)



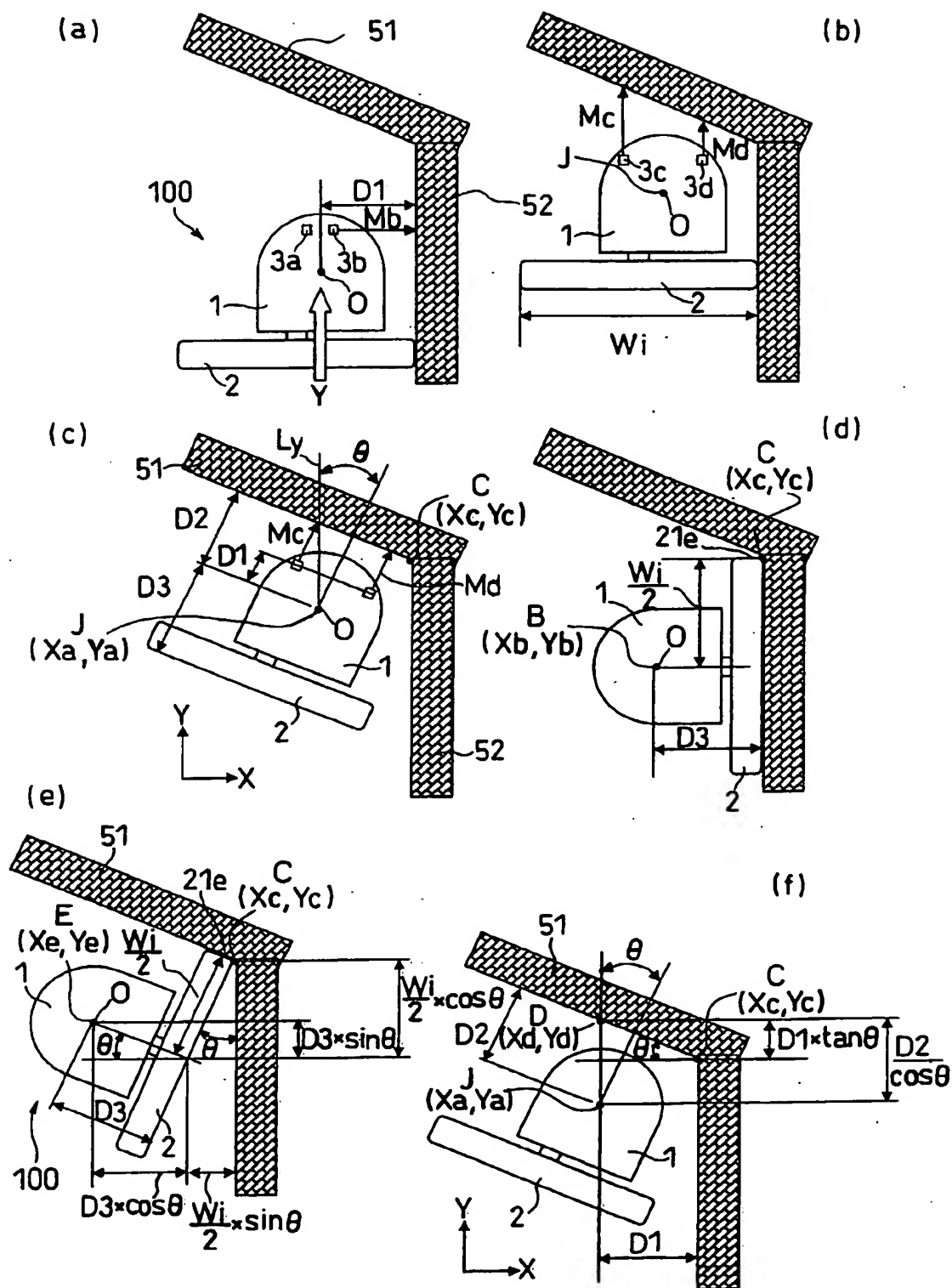
[図16]

FIG.16



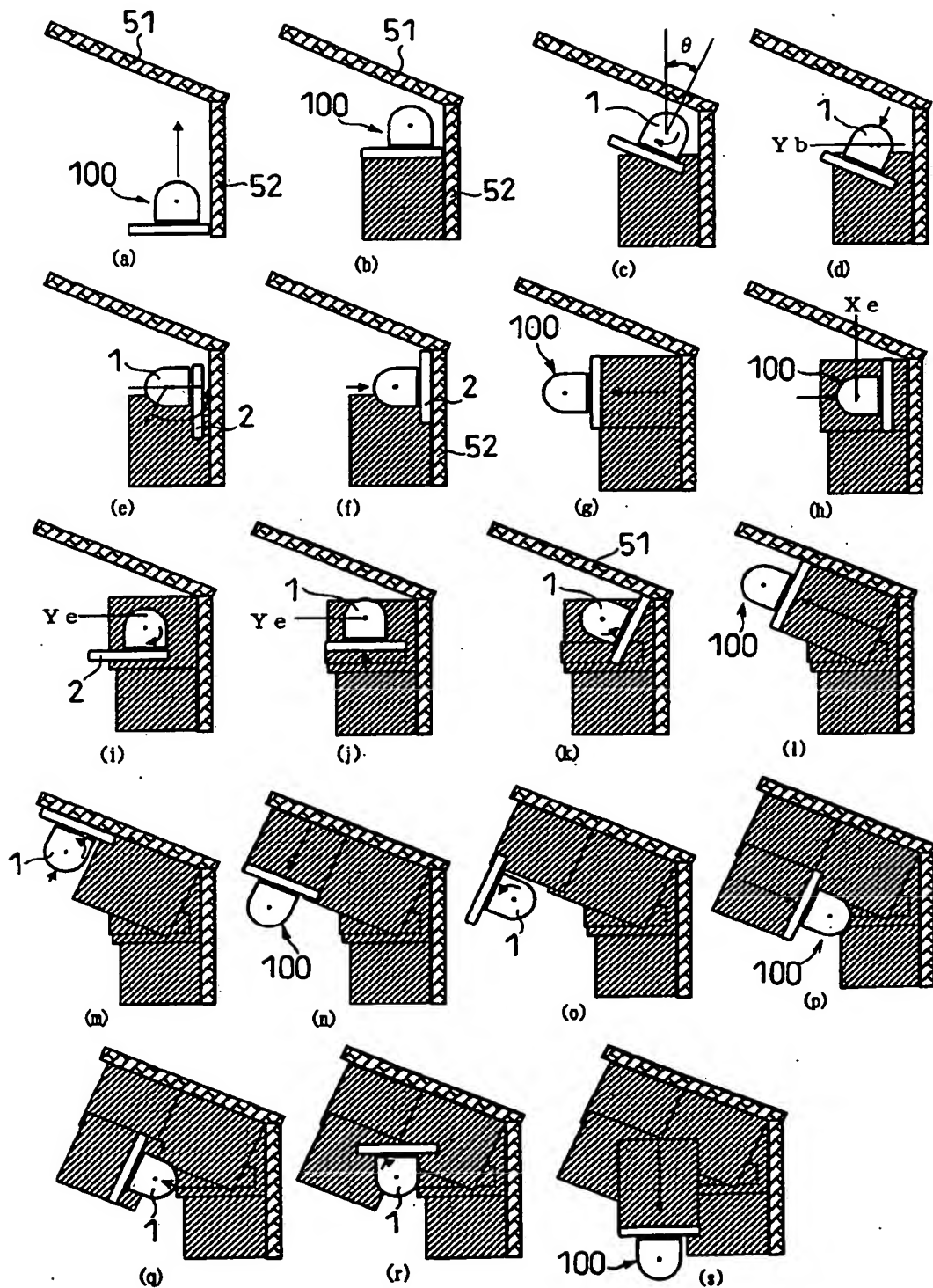
[FIG. 17]

FIG. 17



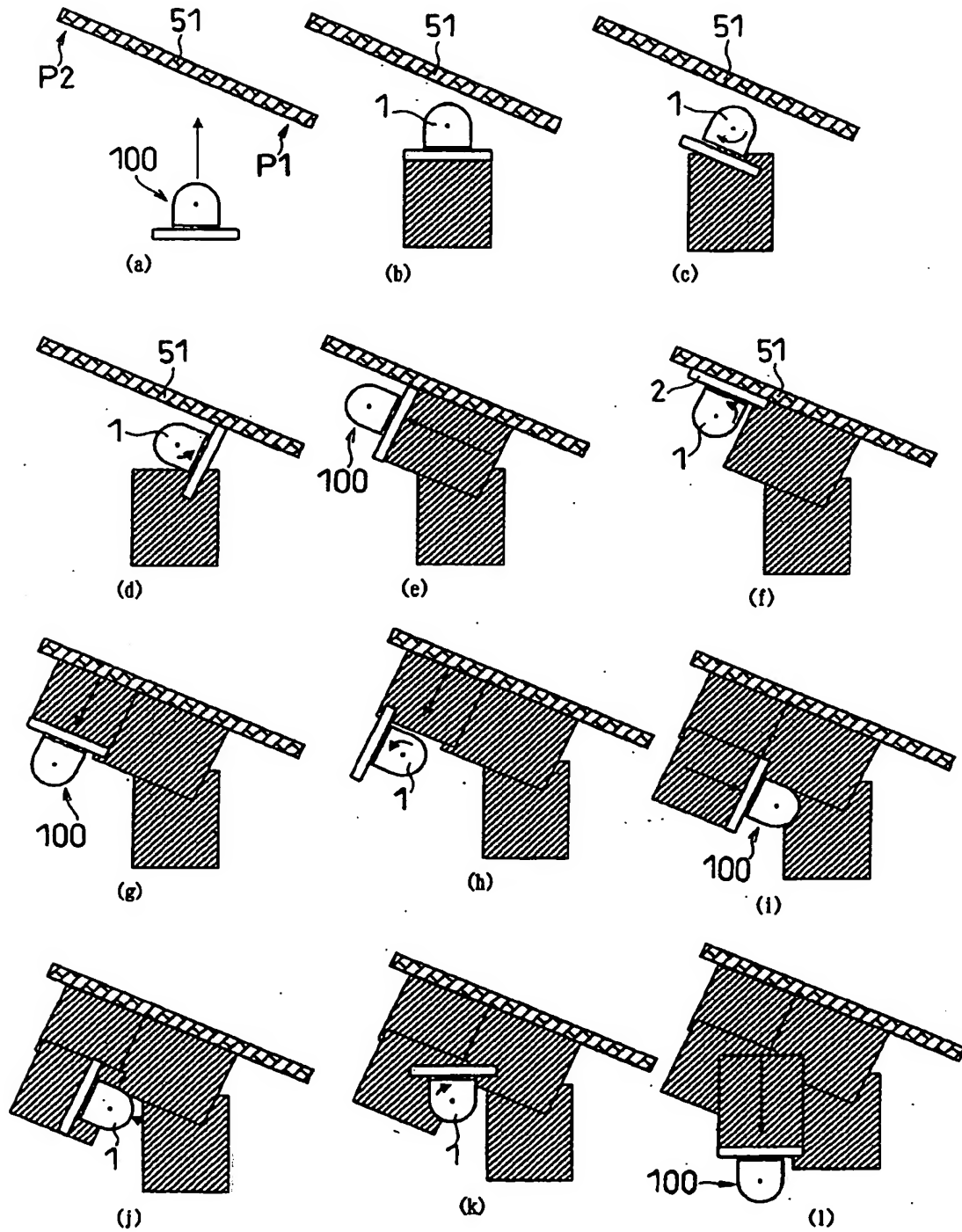
[FIG.18]

FIG.18



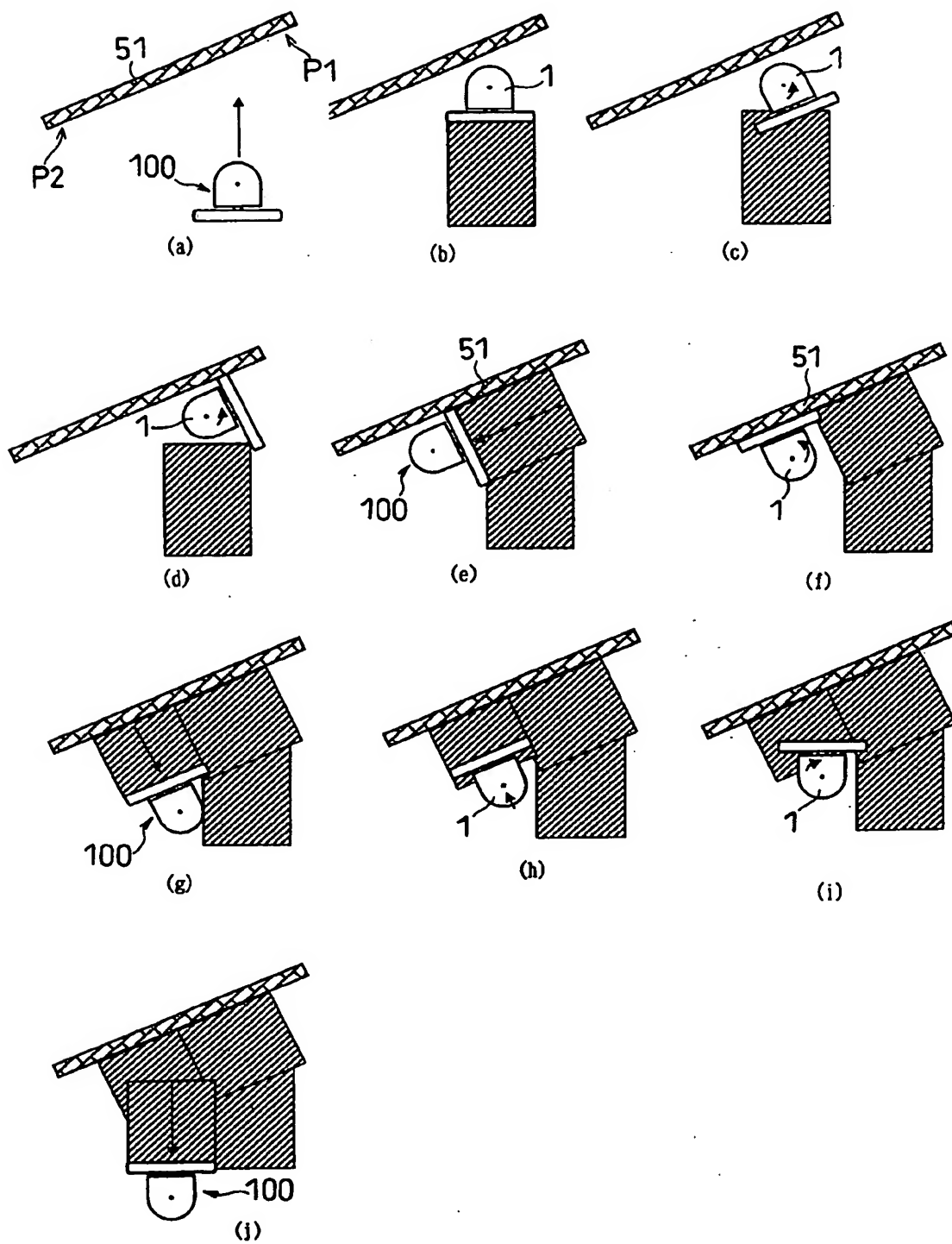
[FIG.19]

FIG.19



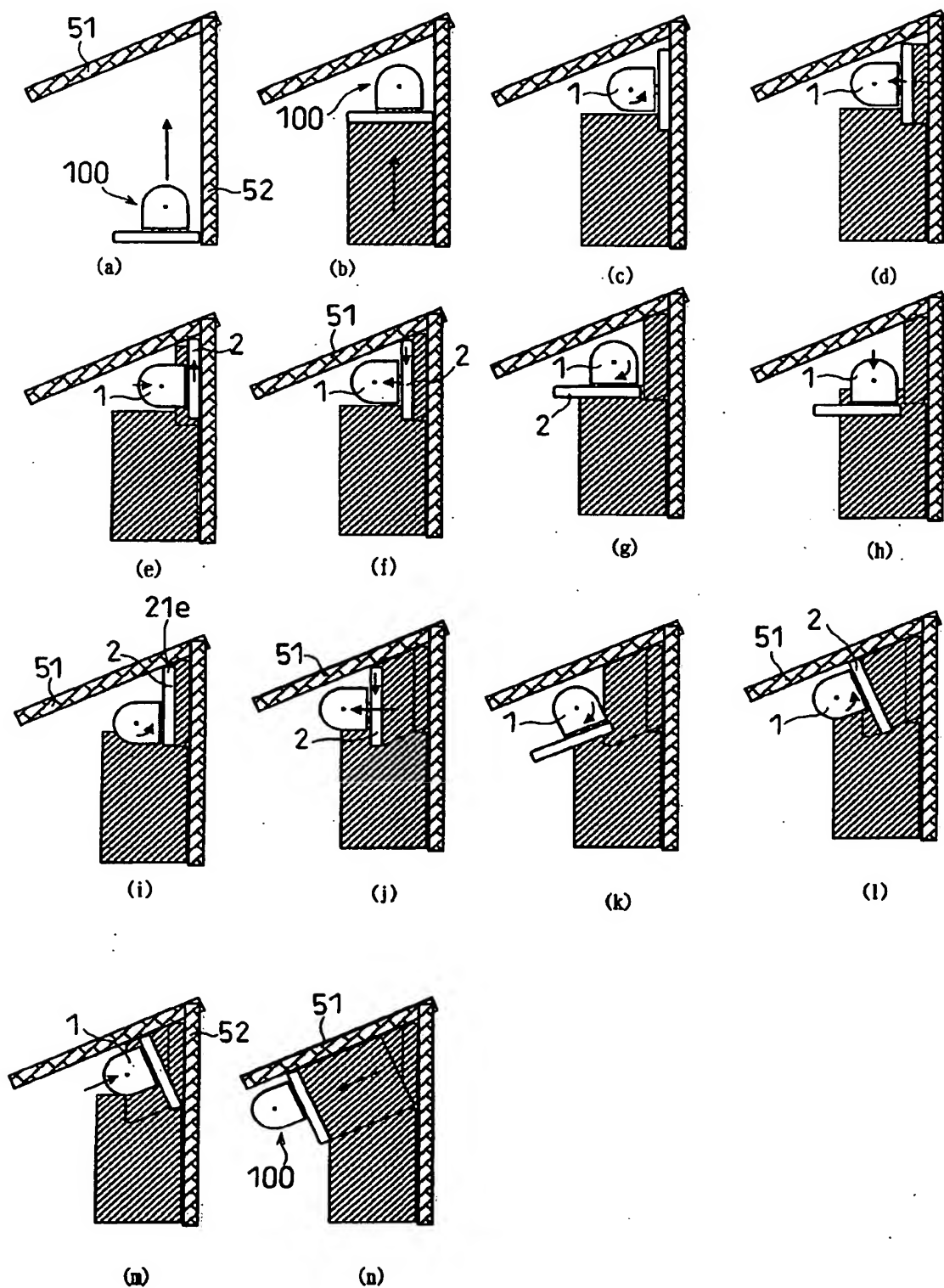
[FIG. 20]

FIG. 20



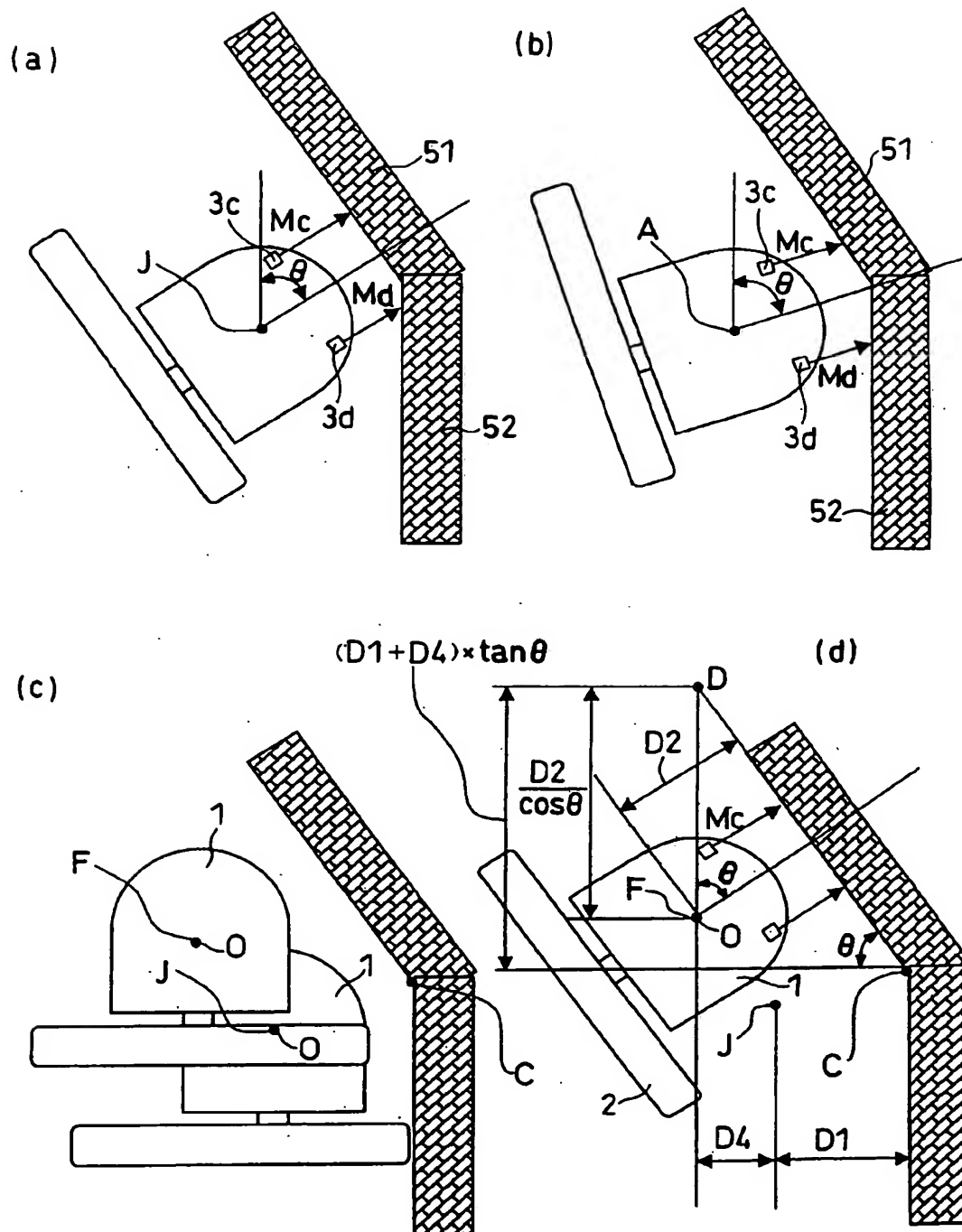
[図21]

FIG.21



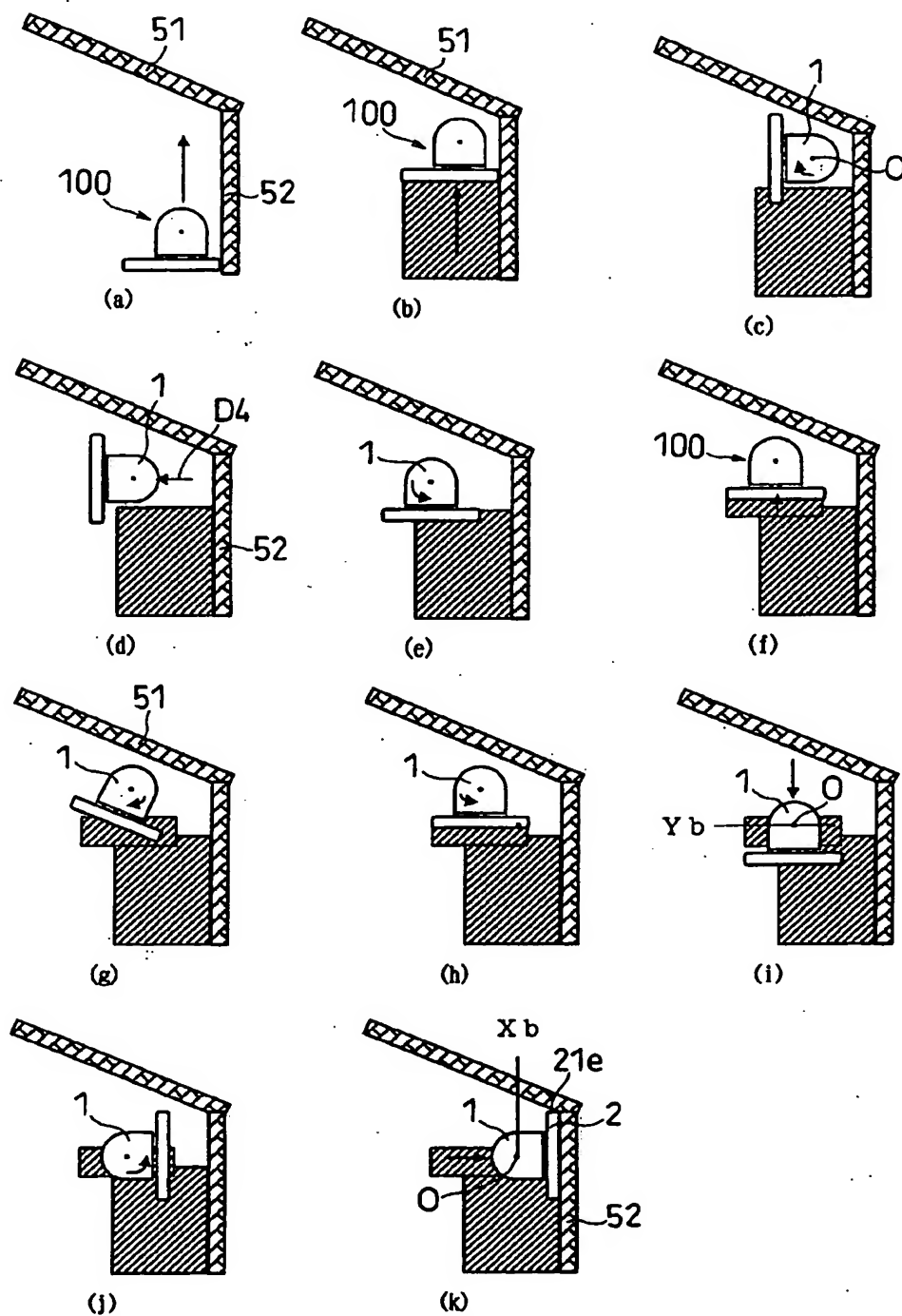
[FIG.22]

FIG.22



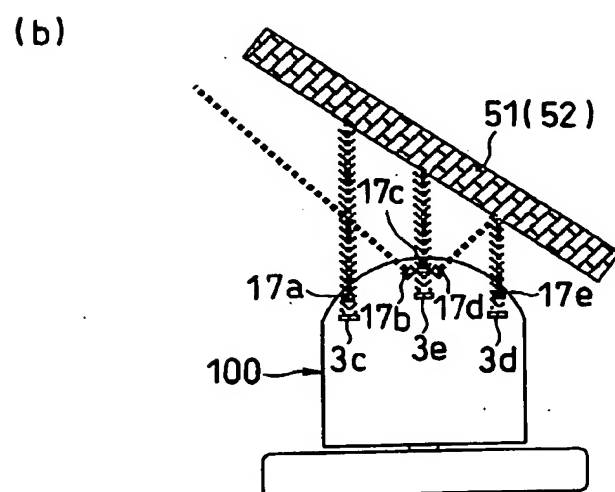
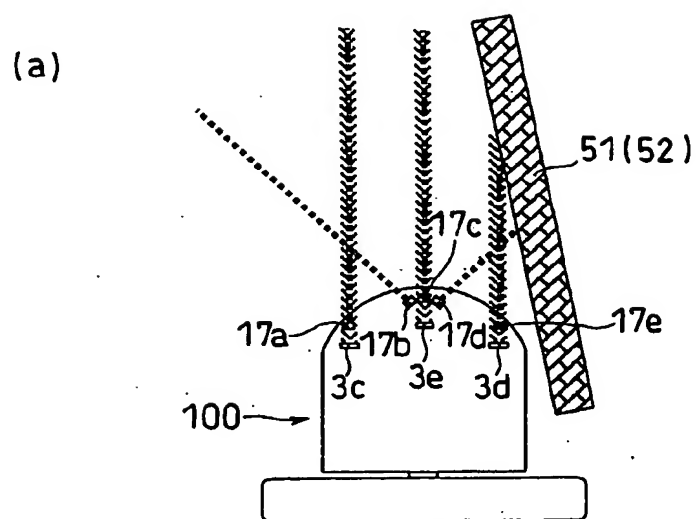
[FIG. 23]

FIG. 23



[図24]

FIG.24



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014626

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G05D1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G05D1/02Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-189610 A (Yanmar Agricultural Equipment Co., Ltd.), 12 July, 1994 (12.07.94), Par. Nos. [0023] to [0026]; Figs. 7 to 8 (Family: none)	1-11
A	JP 5-257533 A (Tokimec Inc.), 08 October, 1993 (08.10.93), Par. Nos. [0017], [0020]; Figs. 2, 5 (Family: none)	1-11
A	JP 8-263137 A (Minolta Co., Ltd.), 11 October, 1996 (11.10.96), Par. Nos. [0035] to [0053]; Figs. 7 to 13 (Family: none)	8-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 December, 2004 (21.12.04)Date of mailing of the international search report
11 January, 2005 (11.01.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

Best Available Copy

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ G05D1/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ G05D1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 6-189610 A (ヤンマー農機株式会社) 1994. 07. 12, 段落番号【0023】～【0026】、図7～8 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 5-257533 A (株式会社トキメック) 1993. 10. 08, 段落番号【0017】、【0020】、図2, 5 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 8-263137 A (ミノルタ株式会社) 1996. 10. 11, 段落番号【0035】～【0053】、図7～13 (ファミリーなし)	8-10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に旨及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 12. 2004

国際調査報告の発送日

11. 1. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

槻木澤 昌司

3H

9326

電話番号 03-3581-1101 内線 3314